

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO***

EFFECTO DE LAS DEFOLIACIONES EN LA PRODUCCIÓN FINAL DE MAÍZ DE CICLO FAO 400

presentado por

ABRAHAM LORA URDIALES^(e)k

aurkeztua

INGENIERO AGRÓNOMO / NEKAZARITZA INGENIARITZA

Junio, 2016/ 2016, Ekaina

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO***

**EFEECTO DE LAS DEFOLIACIONES EN LA
PRODUCCIÓN FINAL DE MAÍZ DE
CICLO FAO 400**

HOJA DE FIRMAS

Alumno

Tutor

Fdo.: Abraham Lora Urdiales

Fdo.: Julio Muro Erreguerena

Junio, 2016

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. ANTECEDENTES	10
2.1. ASPECTOS GENERALES DEL MAÍZ	10
2.1.1. ORIGEN Y DIFUSIÓN.....	10
2.1.2. SITUACIÓN DEL CULTIVO DEL MAÍZ	11
2.1.3. TAXONOMÍA Y BOTÁNICA	17
2.1.4. ESTADOS DE CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE MAÍZ.....	18
2.1.5. INTEGRAL TÉRMICA DEL MAÍZ CULTIVADO EN ESPAÑA	19
2.1.6. EXIGENCIAS DE LA PLANTA.....	21
2.1.7. NECESIDADES Y TÉCNICAS DE CULTIVO	24
2.1.8. APROVECHAMIENTOS	26
2.2. EL GRANIZO	28
2.2.1. CONCEPTO DE GRANIZO.....	28
2.2.2. INCIDENCIA Y EVALUACIÓN DEL DAÑO POR GRANIZO	30
2.2.3. MÉTODOS DE LUCHA ANTIGRANIZO	33
2.3. SEGURO AGRARIO	40
2.3.1. CONCEPTO DE RIESGO	40
2.3.2. PRINCIPIOS DE LA FUNCIÓN ASEGURADORA.....	40
2.3.3. HISTORIA DEL SEGURO AGRARIO EN ESPAÑA	41
2.3.4. ACTUAL SISTEMA DE SEGUROS AGRARIOS EN ESPAÑA	42
2.3.5. INSTITUCIONES IMPLICADAS EN EL SISTEMA ESPAÑOL	43
2.3.6. IMPLANTACIÓN Y EVOLUCIÓN DEL SEGURO AGRARIO EN ESPAÑA	46
2.3.7. NUEVAS TENDENCIAS: EL SEGURO CRECIENTE	47
3. OBJETIVOS.....	49
4. MATERIAL Y MÉTODOS	50
4.1. LOCALIZACIÓN	50
4.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	51
4.3. MATERIAL VEGETAL	56

4.4.	LABORES.....	58
4.5.	DISEÑO Y METODOLOGÍA DEL ENSAYO	59
4.6.	ANÁLISIS POST-COSECHA	62
4.7.	DETERMINACIONES ESTADÍSTICAS	63
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
5.1.	CONTROLES A LO LARGO DEL CICLO	64
5.2.	CONTROLES AL FINAL DEL CICLO.....	64
5.2.1.	LONGITUD DE MAZORCA.....	65
5.2.2.	DIÁMETRO DE MAZORCA	65
5.2.3.	PRODUCCIÓN DE GRANO.....	66
5.2.4.	ANÁLISIS GENERAL DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS	67
5.3.	CURVAS DE REDUCCIÓN DE PRODUCCIÓN COMERCIAL	68
5.4.	AJUSTES DE LA TABLA DE TASACION DE LA NORMA ESPECÍFICA	71
6.	CONCLUSIONES	75
7.	BIBLIOGRAFIA	77

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los riesgos agro-climáticos que más afecta al cultivo del maíz, es el granizo, que en función del momento fenológico del cultivo en el que suceda y de la intensidad con que se produzca, puede tener efectos diferentes. La consecuencia de la aparición de este riesgo trae como consecuencia disminuciones del rendimiento del cultivo establecido debido a los daños que produce, tales como pérdida de área foliar fotosintéticamente activa y lesiones y quebrado de los tallos.

El principal objetivo a alcanzar en el manejo de cultivos de alta producción, es el conseguir que las hojas intercepten la mayor parte de la radiación solar incidente, por ser la fuente de energía empleada para la producción de materia seca (Bantle et al., 2011). Daños en el aparato foliar provocan una reducción de la radiación interceptada y como consecuencia una pérdida de rendimiento.

Determinar correctamente la pérdida de rendimiento después de una tormenta en etapas tempranas puede ayudar a decidir la conveniencia o no de una resiembra, mientras que en una tardía es importante para tomar decisiones de cosecha y ventas correctas (Halle, 2006).

Ser capaces de determinar el estado de crecimiento de la planta y de estimar la cantidad de defoliación producida, es esencial para determinar la pérdida producida por el granizo.

La actividad de este fenómeno atmosférico, se presenta más intensa en los meses de verano, generalmente entre los meses de mayo a octubre, y suelen venir precedidas de una época de fuertes calores que hace que el aire en los niveles bajos adquiera mucha humedad a causa de una gran evaporación de agua de los ríos o pantanos y de la transpiración de los cultivos. Es de destacar que la granizada es un meteoro que se presenta con una gran frecuencia por la tarde, siendo rara la ocasión en que se produce por la mañana o durante la noche.

Dentro de Sistema español de Seguros Agrarios Combinados, el pedrisco se define como la precipitación atmosférica de agua congelada, en forma sólida y amorfa que, por efecto del impacto ocasione pérdidas sobre los bienes asegurados, como consecuencia de daños traumáticos (ENESA, 2014).

La importancia del pedrisco radica en los cuantiosos daños que puede ocasionar.

Uno de los países de Europa más castigados por el granizo es España. La geografía, con cordilleras entrecruzadas, la presencia de abundantes embalses, ríos y pantanos, favorece la formación de nubes de desarrollo vertical que son las ocasionantes de las tormentas y granizos.

En cuanto a su distribución geográfica destaca principalmente su irregularidad. Existe una enorme variabilidad para áreas muy cercanas. Se puede afirmar, de forma general que la frecuencia es reducida en Galicia y en la región Cantábrica, así como en la región bética y Extremadura. Los archipiélagos canario y balear, así como la región sub-bética, presentan una distribución moderada. Finalmente, en el Sistema Ibérico, el valle del Ebro, Levante y Cataluña los riesgos son mucho mayores, existiendo en estas zonas áreas, de ámbito más reducido, donde se presentan las mayores frecuencias.

El pedrisco es el riesgo que mayor porcentaje de siniestros e indemnizaciones registra dentro del Seguro Agrario, debido a la suma de dos factores: es el fenómeno climático que se presenta con mayor frecuencia y se encuentra cubierto en todas las líneas de seguro y para todas las modalidades de contratación (ENESA, 2014).

Existen en la actualidad unas tablas de tasación de daños por pedrisco en maíz, que no arrojan datos de tasación ajustados a la realidad en las tasaciones realizadas sobre maíz de ciclos cortos (ciclos 400 y 500). Las tablas existentes se elaboraron en los años 80 con variedades de maíz de ciclo 600 y 700, y es por ello que el grado de sensibilidad y/o capacidad de recuperación de las variedades de ciclos más cortos es diferente. El presente trabajo se plantea con ese objetivo, para lo cual se realiza un ensayo con una variedad de ciclo 400.

El objetivo final es la elaboración de una tabla de tasación para estas variedades de maíz de ciclo 400. Una tabla de tasación es un cuadro de doble entrada en el que se relacionan la información de estado fenológico en que se encuentra el cultivo en el momento del siniestro (eje horizontal), el porcentaje de defoliación producido (eje vertical) y la pérdida parcial de cosecha que cabe esperar como consecuencia del pedrisco en este caso (parte central de la Tabla 1).

Esta tabla se elabora a partir de numerosos ensayos experimentales en condiciones de cultivo similares a las que se pretende extrapolar los resultados obtenidos.

Dada la aleatoriedad con la que pueden producirse los siniestros naturales, tanto por el momento de aparición, por su intensidad como por la falta de plantas testigo con las que comparar la cosecha obtenida, se hace necesario acudir a la experimentación y a la realización de ensayos de simulación de daños de granizo en condiciones controladas. Estos ensayos de simulación han de cumplir las siguientes premisas:

- Adaptación al cultivo: El daño producido debe ser lo más parecido a lo que ocurre de forma natural.
- De fácil realización: Realizable en cualquier fase del cultivo y de forma cómoda.
- Rapidez: Aplicable a un número de plantas significativo en un corto periodo de tiempo.

- Reproducible: De tal forma que una misma simulación pueda ser planteada cuantas veces sea necesaria.
- Respeto al medio ambiente: Sólo se lesionen las plantas estrictamente necesarias para el ensayo

Tabla 1. Tabla de tasación de maíz. Valores de la Tabla de la Norma actual

Los valores centrales indican el porcentaje de pérdida de cosecha sobre el total previsto.

Estadio	Porcentaje de superficie foliar perdida									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0-4 hojas	0	0	0	1	2	3	4	6	8	10
5 hojas	0	0	0	2	3	4	6	8	11	13
6 hojas	0	0	1	2	4	6	8	11	14	17
7 hojas	0	0	1	3	5	7	10	13	17	21
8 hojas	0	0	2	4	6	9	12	15	20	25
9 hojas	0	1	3	5	7	11	15	19	24	30
10 hojas	0	2	4	7	10	14	19	25	31	38
11 hojas	1	2	5	8	12	18	24	31	39	48
12 hojas	1	3	6	10	15	21	29	37	46	56
13 hojas	1	4	8	12	18	25	34	43	54	65
14 hojas	2	5	9	14	20	28	37	47	58	70
15 hojas	2	7	11	16	23	31	40	51	62	74
16 hojas	3	9	12	18	25	34	43	54	65	78
Floración	4	13	16	23	31	41	50	62	73	86
Post-floración	4	11	13	19	27	32	40	50	57	66
Láctea	4	11	13	18	25	30	37	44	50	58
Láctea-cerosa	4	11	12	17	22	26	30	35	40	44
Cerosa	4	9	12	15	18	21	24	26	28	30
Cerosa-harinosa	4	9	11	14	16	18	20	22	22	23
Harinosa	3	6	8	11	13	17	17	18	18	18
Harinosa-vítrea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vítrea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

El ensayo se realizó en colaboración entre la Agrupación Española de Seguros Agrarios Combinados (AGROSEGURO, S.A.) y el Departamento de Producción Agraria de E.T.S.I.A. de la U.P.N.A., y es dirigido por el Dr. D. Julio Muro Erreguerena.

Se localizó en el municipio de Tabar (Navarra), se trata de una zona pre-pirenaica donde se siembra una variedad de maíz de ciclo 400 en riego por aspersión

2. ANTECEDENTES

2.1. ASPECTOS GENERALES DEL MAÍZ

2.1.1. ORIGEN Y DIFUSIÓN

El maíz (*Zea mays*) es uno de los cereales de mayor importancia a nivel mundial. Originario de América del Sur y Centroamérica, sin que pueda precisarse el lugar donde se inició el cultivo, fue la base de alimentación en ese continente y hoy es, junto con el arroz y el trigo, uno de los principales alimentos a nivel mundial.

Es conocida con varios nombres, el mas usado dentro de los países anglófonos es *maize*, excepto en Estados Unidos y Canadá, donde se le denomina *corn*. En español es llamado maíz, en francés *maïs*, en portugués *milho* y en el subcontinente hindú es conocido como *makka* o *makki*.

Se trata de una planta completamente domesticada. No crece en forma salvaje y no puede sobrevivir en la naturaleza, siendo completamente dependiente de los cuidados del hombre (Wilkes, 1985; Galinat, 1988; Dowswell, Paliwal y Cantrell, 1996).

Se considera que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores hace entre 7.000 y 10.000 años. La evidencia más antigua del maíz como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos en México donde algunas pequeñas mazorcas de maíz estimadas en más de 5.000 años de antigüedad fueron encontradas en cuevas de los habitantes primitivos (Wilkes, 1979, 1985).

La mayoría de los estudios sobre el origen del maíz, lo sitúan entre México y Guatemala. Se cree que el teosinte (*Zea mexicana*), antigua y aún floreciente especie herbácea salvaje de estas zonas, es el progenitor del maíz, y que éste es una versión domesticada del mismo. Se llega a esta deducción debido a que de la polinización de maíz con teosinte se pueden obtener semillas fértiles.

La mejora genética realizada por el hombre durante siglos hace que, en la actualidad, la morfología del maíz sea muy diferente de la de su antepasado.

Actualmente, el teosinte, probable progenitor del maíz cultivado, ha sido detectado en campos de maíz de Aragón, considerándose una mala hierba e instando a los agricultores a su erradicación para prevenir su dispersión. (Bozal et al., 2015)

La difusión del maíz a partir de su centro de origen en México a varias partes del mundo ha sido tan notable y rápida como su evolución a planta cultivada y productora de alimentos. Los habitantes de varias tribus indígenas de América Central y México llevaron esta planta a otras regiones de América Latina, al Caribe y después a Estados Unidos de América y Canadá. Los exploradores europeos llevaron el maíz a Europa y posteriormente los comerciantes lo llevaron a Asia y África (Paliwall et al., 2001).

Se considera que alrededor del año 1000 DC la planta de maíz comenzó a ser desarrollada por agricultores mejoradores siguiendo un proceso de selección en el cual conservaban las semillas de las mazorcas más deseables para sembrar en la próxima estación.

Cuando Cristóbal Colón llegó a Cuba en el año 1492 los agricultores americanos, desde Canadá a Chile, ya estaban cultivando variedades mejoradas de maíz. Cuando regresó a España en 1493, probablemente llevó consigo semillas de varios cultivares locales de maíces duros. Hacia fines de los años 1500, el maíz era extensivamente cultivado en España, Italia y sur de Francia y la difusión del maíz continuó a otros países del Viejo Mundo. Se cree que los navegantes portugueses introdujeron el maíz en África a principios de 1500.

El maíz también llegó al sur del Asia a principios del 1500 (Brandolini, 1970), por medio de los comerciantes portugueses y árabes desde Zanzíbar.

Se introdujo en China a principios del siglo XVI por rutas marítimas y terrestres. Alrededor de 1580 lo hizo en Japón por parte de navegantes portugueses, y se difundió como un cultivo alimenticio en el sur de Asia alrededor de 1550, y hacia 1650 ya era un cultivo importante en Indonesia, Filipinas y Tailandia.

De esta manera, en menos de 300 años el maíz viajó alrededor del globo y se estableció como un importante cultivo alimenticio en numerosos países (Dowswell et al., 1996).

2.1.2. SITUACIÓN DEL CULTIVO DEL MAÍZ

A. MUNDIAL

El maíz es, actualmente, el cereal de mayor producción a nivel mundial, por delante del trigo y el arroz y el segundo en área cosechada por detrás del trigo (FAOSTAT, 2014). Los datos históricos de superficie, producción y rendimiento del maíz en el mundo se reflejan en la Figura 1.

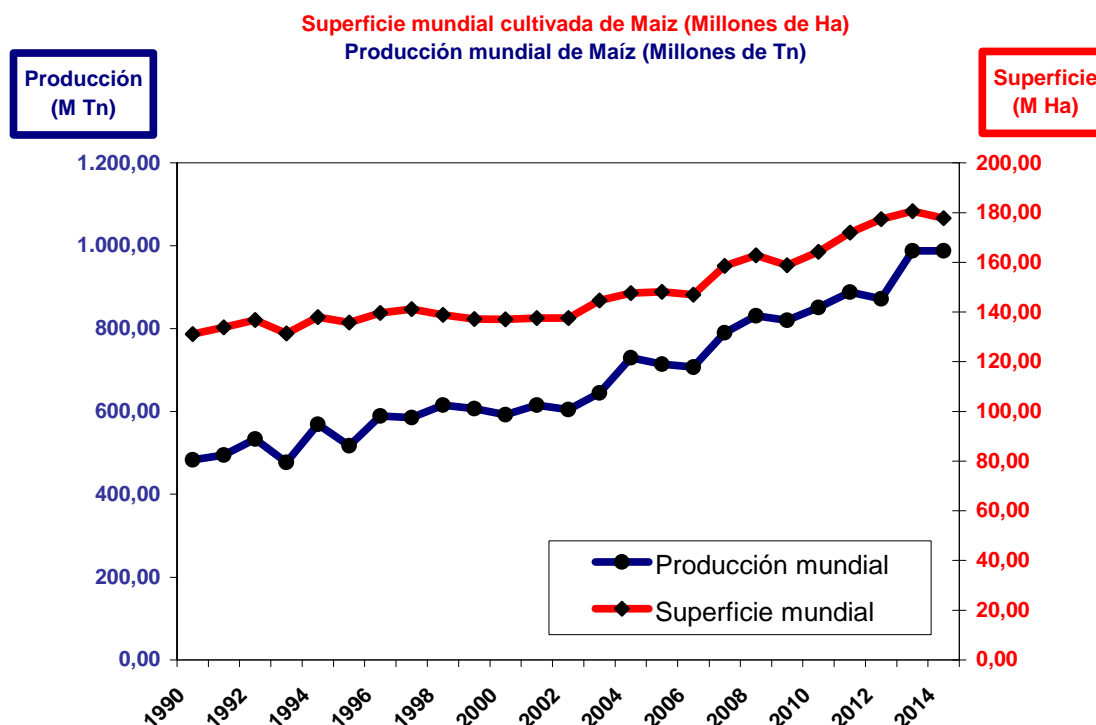


Figura 1. Superficie y producción mundial de maíz

Fuente: USDA 2015. Elaboración propia

Puede observarse la tendencia alcista en los últimos 25 años tanto de la superficie cultivada, de la producción, como del rendimiento medio a nivel mundial. Esto es debido al incremento del consumo que ha pasado de 512,10 millones de toneladas anuales en el año 1992 a 971,20 millones de toneladas en el año 2014. Dos son los motivos principales de este aumento del consumo, en primer lugar la utilización del maíz como alimento para los animales, que en el mismo periodo de tiempo ha variado desde los 348,70 a 594,20 millones de toneladas, incremento producido principalmente en las 3 últimas campañas y provocado por unos precios a la baja en dicho intervalo. El segundo factor que ha implicado un aumento del consumo a nivel mundial, ha sido el hecho de emplear maíz para el consumo industrial, en concreto para la producción de bioetanol. Esta producción supone en 2014, el consumo de 261 millones de toneladas de maíz a nivel mundial. La parte restante de maíz consumido, se emplea para la alimentación humana.

La mitad de la superficie mundial cultivada, se localiza en tres países (USDA, 2015), siendo China el que cuenta con mayor superficie, con 37 millones de hectáreas, seguido de Estados Unidos con casi 33,6 millones de hectáreas y en tercera posición Brasil con 15 millones de hectáreas. La superficie cultivada en la UE-28, supone 9,57 millones de hectáreas.

La superficie cultivada en los tres países citados, supone casi la mitad del maíz cultivado en el planeta, cuyo dato, para la campaña 2014, es de 177,86 millones de hectáreas (FAOSTAT, 2015).

La producción de maíz a nivel mundial por países, se puede observar en la Figura 2. En ella, se ve como la producción entre los tres países de mayor superficie cultivada (EE.UU., China y Brasil), supone más del 60% de la producción mundial. Como dato a destacar está la diferencia existente en producción entre EE.UU. y China, teniendo prácticamente la misma superficie cultivada, motivado por un rendimiento mayor en EE.UU. Considerando al conjunto de países que componen la UE-28, su producción alcanza los 73,96 millones de toneladas.

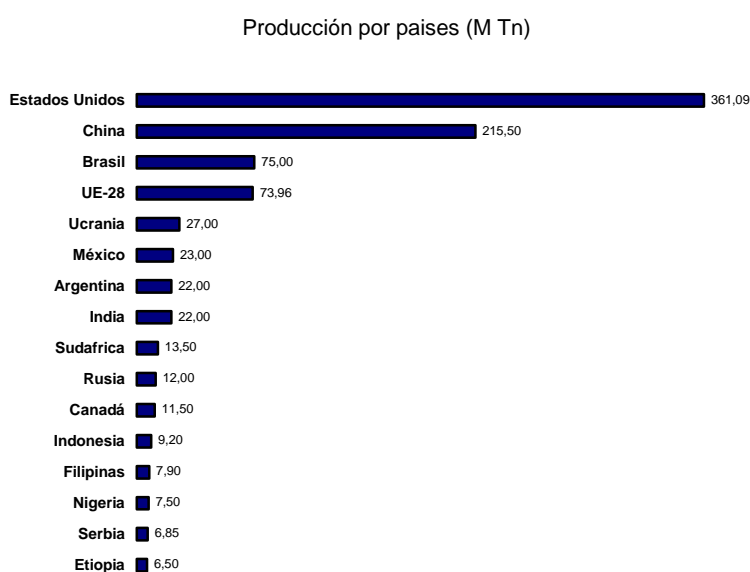


Figura 2. Distribución de la producción mundial de maíz por países (2014)

Fuente: USDA 2015. Elaboración propia

B. ESPAÑA

En España, el cultivo del maíz es, dentro de los cereales, el tercero en cuanto a superficie cultivada y a producción total, por detrás de los dos grandes cultivos cerealistas del país, el trigo y la cebada. Se cultivan en la actualidad 442.298 hectáreas de las que se obtiene una producción de 4.89 millones de toneladas (Magrama, 2013. Estadísticas Agrarias.). Cabe destacar el hecho de que el único parámetro en el que España destaca es en el rendimiento, en donde está a la cabeza mundial debido a que el 100% del cultivo se realiza en regadío.

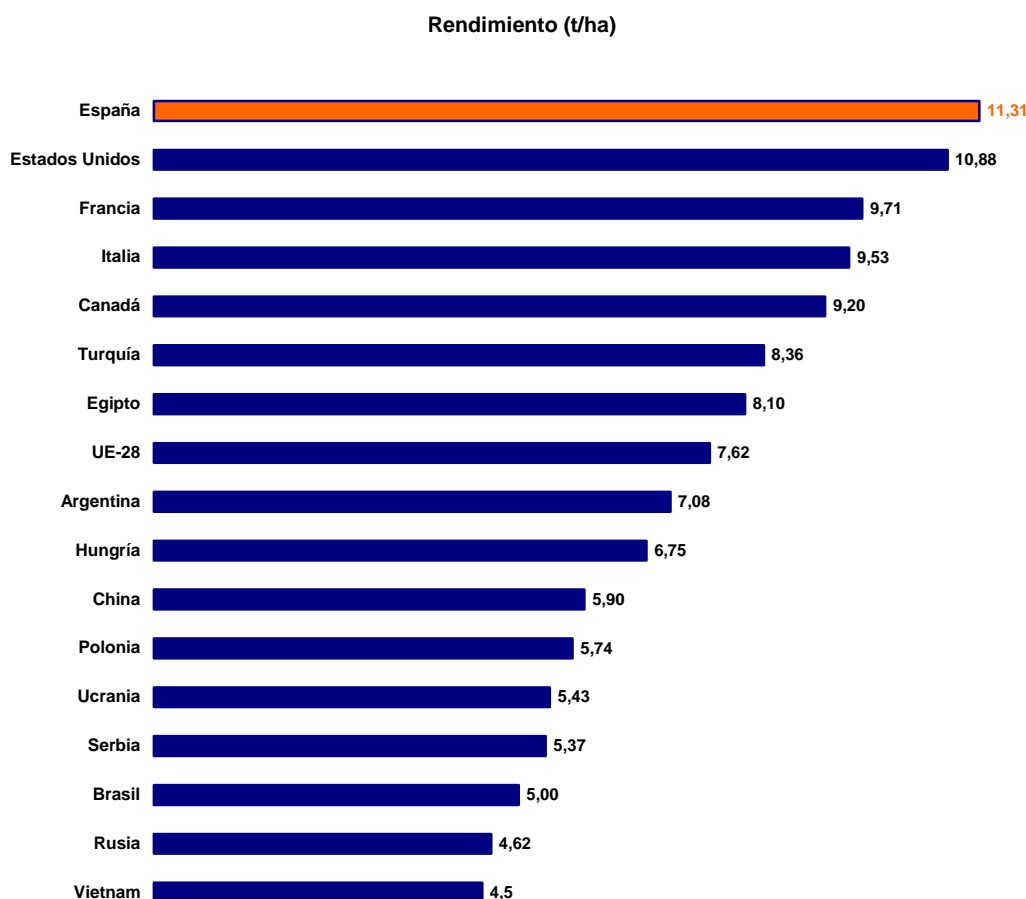


Figura 3. Rendimientos de maíz por países (2014)

Fuente: USDA 2015. Elaboración propia

La evolución de los parámetros superficie cultivada y producción obtenida en los últimos años, puede observarse en las Figura 4 y Figura 5. La sequía que se presentó en el invierno de 2004, provocó un descenso de la superficie a cultivar y su consiguiente pérdida de producción. Estas se recuperaron ligeramente en los años siguientes, pero sin llegar a las cifras de los años 2002 a 2004. En 2009, otra vez las duras condiciones climáticas provocaron otro descenso en los parámetros analizados, no sólo en el cultivo del maíz sino en el de todos los cereales. Otro factor afectó al descenso que se produce el año siguiente, 2010, que no fue otro que la caída del precio medio percibido por los agricultores, que pasó de 18,20 euros/100kg a 14,42 euros/100kg, haciendo poco atractivo económicamente este cultivo. Sin embargo, a partir de la campaña de 2010, al contrario de lo ocurrido en 2009, comienza una escalada espectacular de los precios percibidos por los agricultores, llegando en 2012 a 23,30 euros/100kg, lo que incentiva el cultivo del maíz en estos años. El factor fundamental de este aumento considerable del precio del maíz, tiene su explicación en el aumento del precio del petróleo desde el año 2009 hasta 2014. Este aumento hace que una parte importante de la cosecha de maíz sea adquirida para la obtención de bioetanol, fuente de energía con la que los países carentes de explotaciones petrolíferas pueden competir contra el petróleo.

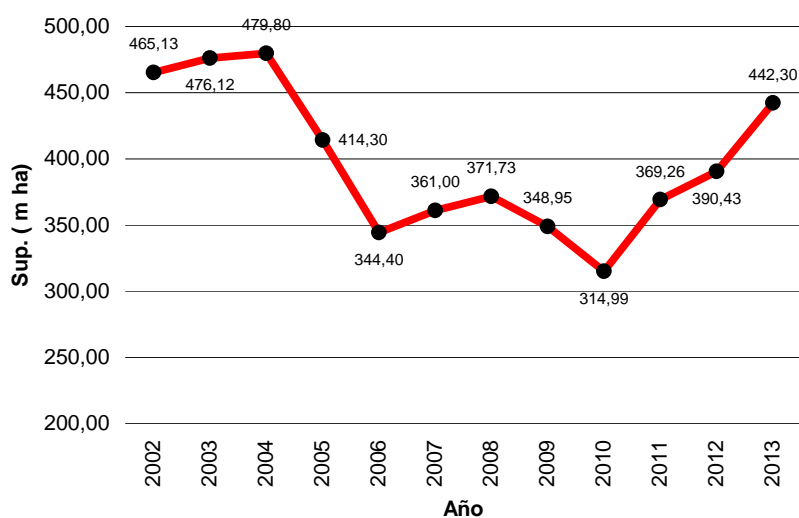


Figura 4. Superficie cultivada de maíz en España.

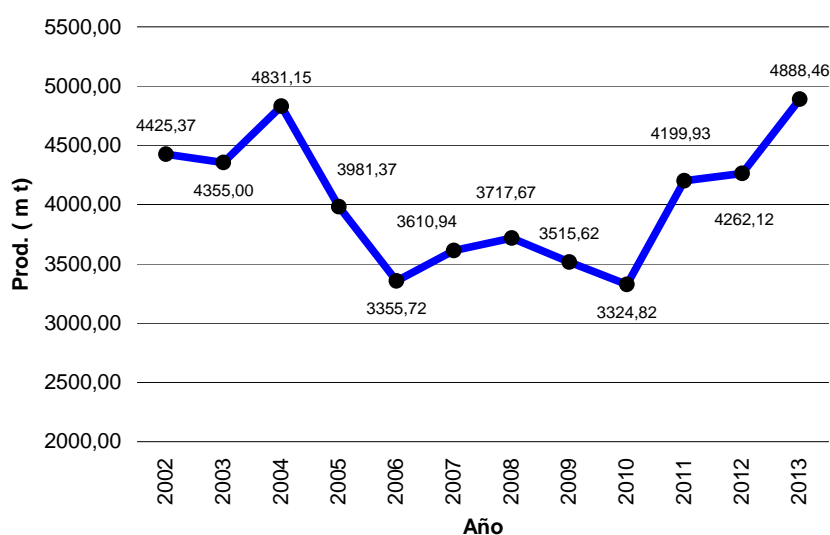


Figura 5. Producción de maíz en España.

En cuanto a la distribución del cultivo y producción de maíz por regiones dentro de España, destaca principalmente Castilla y León, con la cuarta parte de la superficie y producción española. Dentro de Castilla y León, la provincia de León produce el 60% del total de toda la comunidad, siendo la provincia española con la producción más alta.

Por Comunidades Autónomas destacan Aragón (Huesca y Zaragoza), Cataluña, Extremadura, Castilla La Mancha, Andalucía y Navarra.

Tabla 2. **Superficies, producciones y rendimientos de maíz históricos por CC.AA. (España)**

	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
Castilla y León	121.965	1.292.927	10,60
Aragón	76.770	946.050	12,32
Extremadura	69.136	793.313	11,47
Andalucía	43.641	430.720	9,87
Castilla La Mancha	39.048	485.821	12,44
Cataluña	38.955	437.804	11,24
Navarra	22.332	236.493	10,59
Galicia	19.261	142.897	7,42
Madrid	7.251	98.780	13,62
La Rioja	940	8.563	9,11
Canarias	748	1.823	2,44
Comunidad Valenciana	674	7.338	10,89
Cantabria	546	1.420	2,60
País Vasco	362	1.095	3,02
Asturias	300	750	2,50
Baleares	232	1.276	5,50
Murcia	137	1.394	10,18
TOTAL ESPAÑA	442.298	4.888.464	11,05

Fuente: Magrama, 2013. Estadísticas Agrarias. Agricultura. Superficies y Producciones Anuales de Cultivos. Cereales

C. NAVARRA

En Navarra, donde tiene lugar el ensayo del presente trabajo fin de carrera, el cereal estrella de los regadíos es el maíz, con unos rendimientos medios de 10,59 t/ha

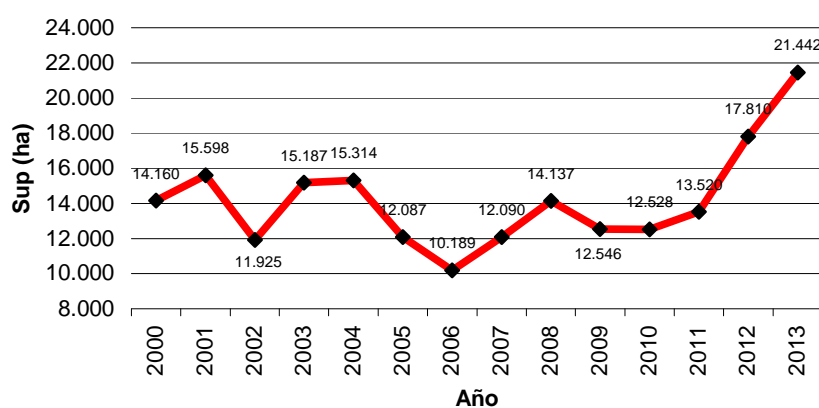


Figura 6. **Superficie cultivada de maíz en Navarra.**

Fuente: DRMYAL (Gobierno de Navarra), 2015. Negociado de Estadística Agraria y Estudios Agrarios.

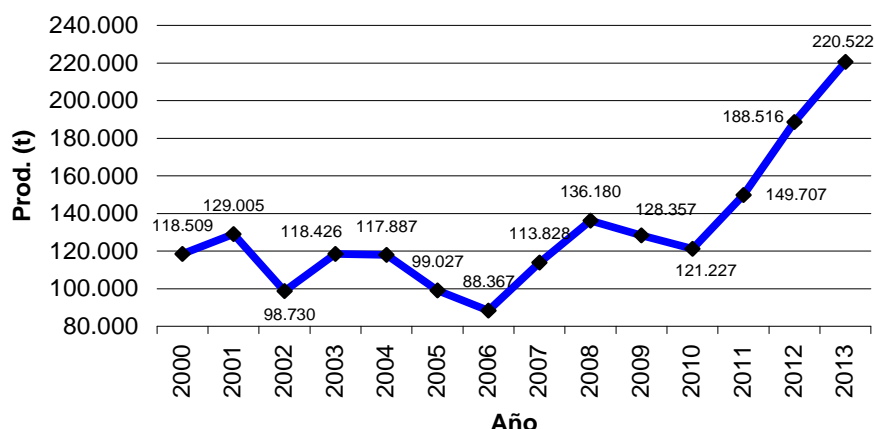


Figura 7. Producción de maíz en Navarra.

Fuente: DRMYAL (Gobierno de Navarra), 2015. Negociado de Estadística Agraria y Estudios Agrarios.

En el año 2002 hubo reducción importante de superficie cultivada en beneficio de otros cultivos. Este hecho cambió al año siguiente, pero se obtuvieron unos resultados malos motivados por el estrés que sufrieron los cultivos como consecuencia de un exceso de calor. En 2006 la superficie de cultivo bajo a la cota inferior registrada en los últimos 15 años, y fue en 2007 cuando comenzó su recuperación impulsado por el aumento de los precios percibidos con respecto a años anteriores. A partir de aquí la tendencia ha sido al alza, logrando duplicarse en 2013 la superficie que se cultivó en 2006, principalmente motivado por el incremento del precio del grano como por la puesta en riego de numerosas parcelas a consecuencia de la apertura de nuevos sectores de riego del Canal de Navarra.

Es de destacar que se distinguen en Navarra dos zonas claramente diferenciadas en cuanto a variedad de maíz cultivado. Por una parte en la zona media y ribera de Navarra se cultiva un maíz de ciclo 600 a 800, mientras que en la zona más septentrional los ciclos FAO empleados son 300-400.

2.1.3. TAXONOMÍA Y BOTÁNICA

El maíz (*Zea mays*) pertenece a la Familia *Gramineae* y a la Tribu *Maydeae*. Se trata por tanto de un cereal. Se caracteriza por poseer inflorescencias masculinas y femeninas separadas (CEDAF, 1998).

Posee tallos en forma de caña aunque macizos en su interior, a diferencia del resto de gramíneas que los tienen huecos.

Es una planta anual con gran desarrollo vegetativo capaz de alcanzar desde el medio metro a los cuatro metros de altura. Las hojas forman una larga vaina, íntimamente arrollada al tallo y

un limbo más ancho, alargado y flexible. Del tallo nacen 2 o 3 inflorescencias femeninas muy densas, las espigas, donde se encuentran los granos de maíz agrupados a lo largo del eje. Están envueltos en brácteas de color verde y textura papirácea y termina en un penacho de color amarillo oscuro, formado por los estilos.

En cada espiga se ven filas de granos, de 8 a 30. A cada fila de granos, le corresponde un hilo sedoso que sobresale por el extremo de la espiga.

El tallo finaliza con una panoja con las flores masculinas, las cuales una vez el polen ha sido arrojado, se vuelven secas y parduscas.

Es una planta monoica, con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. La fecundación de las flores femeninas, puede hacerse por polen de la misma planta, o lo más normal, de otras, siendo este el motivo de encontrar una gran variedad genética (Guerrero, 1992).

A. Inflorescencia Masculina o Panoja

Se hace visible entre las últimas hojas de la planta, 7 a 10 días antes de que aparezcan los estilos de las inflorescencias femeninas. 2 o 3 días antes de la liberación de polen, se elongan los entrenudos de la parte alta del tallo impulsando a la panoja, que queda totalmente desplegada. En ese momento, la planta alcanza su altura definitiva.

B. Inflorescencia Femenina

La espiga apical determina su número de óvulos 15 o 20 días antes de la emisión de los estilos. La cantidad de óvulos de la espiga apical puede variar de 500 a 1.000 y se presentan alineados en 10-22 hileras de 18 a 42 óvulos cada una.

2.1.4. ESTADOS DE CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE MAÍZ

El maíz es un cultivo que tiene un hábito de crecimiento vigoroso, como queda reflejado por la aparición de un único tallo, del cual emerge en su parte superior la panícula. Estas plantas vigorosas difieren de las que no lo son, en que sus estructuras vegetativas (tallos y hojas) son iniciadas antes de que se inicien las estructuras reproductivas (panícula y mazorca).

En el maíz las estructuras vegetativas se inician y continúan creciendo mientras que las estructuras reproductivas aparecen y se desarrollan. La forma de conocer el estado de

crecimiento en el que está la planta, se realiza identificándola visualmente, sin necesidad de diseccionarla. Primero se clasifica su estado observando su estado vegetativo, y una vez completado éste, se basa en el desarrollo de su estructura reproductiva (mazorca) (Abendroth et al., 2011).

El maíz tiene flores masculinas y femeninas separadas por la distancia existente entre la panícula y la mazorca respectivamente.

La última hoja de la planta puede variar con los híbridos, fecha de siembra y localización (Abendroth et al., 2011). En nuestro caso se va a llegar hasta el estado de 13 hojas al que sigue un estado floración masculina y femenina, a partir del cual se inician los distintos estados reproductivos.

A. Floración masculina

Ocurre dos o tres días antes que la floración femenina, cuando la última ramificación de la panícula es completamente visible, pero las sedas no han emergido aún de la mazorca. La planta ha alcanzado su máximo tamaño y el polen comienza a liberarse. La liberación del polen normalmente ocurre a finales de la mañana o temprano por la noche (Ritchie et al., 2011). El daño por pedrisco en este estado de crecimiento es mucho más serio que en cualquier otro. Todas las hojas han emergido y una pérdida completa de una fuente de polen produce la no formación de grano.

B. Floración femenina

Comienza cuando las sedas son visibles y ocurre la polinización. La polinización se produce cuando los granos de polen contactan con las sedas húmedas. El grano desciende por la seda para fertilizar al óvulo en unas 24 horas. Con la fertilización, el óvulo se convierte en un grano de maíz. Las sedas crecen en torno a 2 a 4 centímetros al día. Normalmente el tiempo para que una seda emerja y sea polinizada suele ser de dos a tres días. Estrés por falta de humedad o por deficiencia de nutrientes puede dar lugar a una polinización pobre y poca formación de granos. La máxima reducción de rendimiento ocurre debido al estrés en esta fase (Ritchie et al., 2011).

2.1.5. INTEGRAL TÉRMICA DEL MAÍZ CULTIVADO EN ESPAÑA

El desarrollo del maíz está íntimamente relacionado con la temperatura. El tiempo que requiere el maíz para progresar de un estado de desarrollo a otro depende de la cantidad de calor que acumule (grado-día)

El rango de temperaturas que se establece como necesario para el crecimiento comienza a los 6°C y finaliza a los 30°C, aunque puede seguir ocurriendo fuera de este rango.

El cultivo puede acumular entre un mínimo de 0 grado día y un máximo de 24 grado día si las temperaturas se mantiene por debajo de 10°C o por encima de 30°C respectivamente.

La ecuación para la obtención del grado día es:

$$\text{grado día (°C día)} = [(T_{\text{MIN}} + T_{\text{MAX}}) / 2] - 6$$

siendo,

T_{MIN} = Mínima temperatura diaria. Si la temperatura es inferior a 6°C, se usa 6°C como T_{MIN}

T_{MAX} = Máxima temperatura diaria. Si la temperatura supera los 30°C, se usa 30°C como T_{MAX}

Los valores de los grado día se suman para un periodo específico de tiempo obteniéndose la integral térmica, y se usan para predecir el desarrollo del cultivo

Como dato, señalar que en el desarrollo vegetativo, aparece un nuevo anillo foliar cada 50 °C día de integral térmica.

La relación entre el desarrollo reproductivo y grado día es más variable que en el crecimiento vegetativo, pero la relación de integral térmica (°C día) que precisan ambos desarrollos es aproximadamente del 50% para cada uno de ellos.

Los datos de acumulación de integral térmica varían en función del ciclo FAO del híbrido sembrado. La adaptación de las variedades de los distintos ciclos FAO queda relacionada directamente con las condiciones climáticas de la región en la que se implante el cultivo. En España la distribución del maíz a cultivar en función de su ciclo FAO queda definido en la Figura 8 y la integral térmica necesaria para que el maíz llegue a su madurez fisiológica se refleja en la Tabla 3.

Tabla 3. Integral térmica según ciclo FAO

Ciclo FAO	Integral térmica (°C día)
Ciclos < 300	< 1825
Ciclos 400-500	1825-2000
Ciclos 500-600	2000-2125
Ciclos 700-800	2125-2225

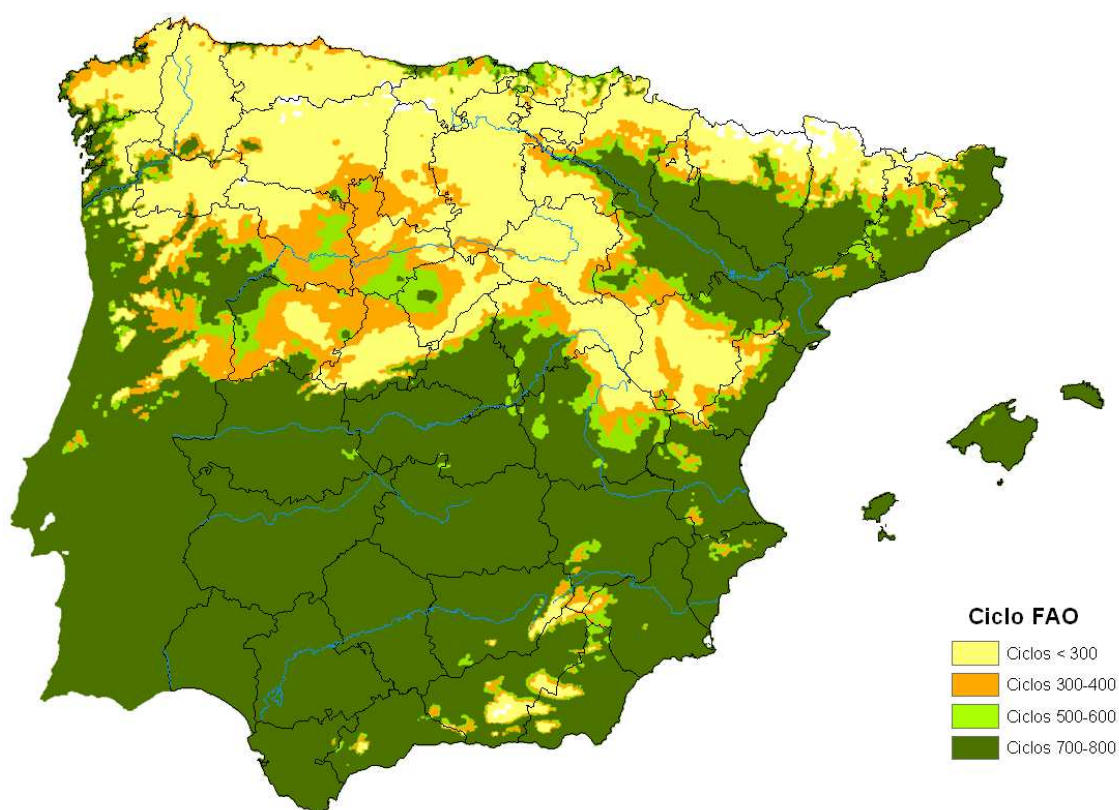


Figura 8. Integral térmica del cultivo del maíz en España.

Fuente: López y De la Cruz, 2012

2.1.6. EXIGENCIAS DE LA PLANTA

A. Localización

El maíz se cultiva en la mayoría de los países del mundo y regiones agrícolas.

Se adapta desde los 50° de latitud norte hasta alrededor de los 40° de latitud sur. Se trata de una amplia franja que abarca multitud de regiones del mundo.

B. Luz y Fotoperiodo

El maíz es una de las plantas cultivadas que más responde a los efectos de la luz. Depende de la luz solar intensa y prolongada para su mejor y más rápido desarrollo.

El maíz es una planta de día corto, la floración se promueve en días cortos, de menos de 12,5 horas de luz por día.

C. Temperatura

Para la siembra del maíz es necesaria una temperatura media del suelo de 10°C, y que esta vaya en aumento, siendo la óptima para la nascencia los 15°C, y el rango de 24°C a 30°C la temperatura ideal en la fase de crecimiento. Para que la floración se desarrolle normalmente conviene que la temperatura sea de 18°C como mínimo. Por otro lado es importante el hecho de tener que madurar antes de la llegada del frío, por lo que es necesario que reciba bastante calor. Teniendo en cuenta lo anterior, es un cultivo óptimo de regiones cálidas, en las cuales existan temperaturas relativamente elevadas durante su ciclo vegetativo.

El clima óptimo para un crecimiento rápido del maíz es el que se da con días soleados seguidos por noches frescas.

El hecho de que haya variedades con muy diferente duración de ciclo, permite que se extienda bastante el área del maíz, pudiéndose sembrar en zonas más frías con híbridos de ciclo corto, menos productivos en general que los de ciclo largo, pero que se pueden sembrar más tarde y recolectar antes, adaptándose así a las características climáticas de regiones más frías, como ocurre en este ensayo.

D. Humedad. Necesidades de Agua

Las altas necesidades de agua del maíz condicionan el área de cultivo. Es por tanto una planta propia de zonas en las que sea posible utilizar sistemas de riego o bien de los secanos húmedos. En España, en la totalidad del maíz cultivado se emplea el riego

La capacidad de almacenamiento de agua del suelo es fundamental para asegurar un suministro continuo entre riegos. El maíz es particularmente sensible a la falta de agua en el entorno de la floración, desde 20-30 días antes hasta 10-15 días después.

A lo largo de su ciclo de cultivo, el maíz consume de 5.000 a 8.000 metros cúbicos de agua por hectárea según los diferentes climas.

Las necesidades de agua están muy relacionadas con las fases de desarrollo del cultivo. Se distinguen tres fases (Figura 9):

1. Fase lenta: Dura aproximadamente 45 días después de la emergencia y hasta que la planta tiene 7 hojas. En esta fase el requerimiento nutricional es mínimo. Una relativa escasez de agua en esta fase, sin llegar a que el maíz padezca sed, induce a un mayor crecimiento en profundidad de las raíces, lo que permite a las plantas resistir mejor una posible falta de agua en fases posteriores.
2. Fase rápida: Dura desde el final de la fase lenta hasta la emisión de la panoja e inicio de la floración y es la fase donde se definen todos los componentes del rendimiento y por lo tanto es en esta fase donde deben estar disponibles todos los nutrientes y agua necesarios.
3. Fase de fructificación: Es la fase donde se producen todos los órganos que llevan a la formación del grano, terminando con el llenado de este. Cuando el grano alcanza el máximo de materia seca se está en el estado de madurez fisiológica.

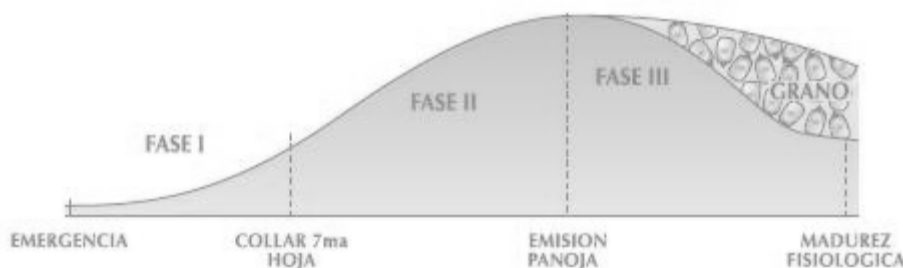


Figura 9. Necesidades de agua del cultivo del maíz

E. Suelo

Se adapta a diferentes tipos de suelos. En los que presenta un menor potencial son los suelos excesivamente pesados (arcillosos), por la facilidad que presentan a la inundación, y los suelos muy sueltos (arenosos), por la dificultad que tienen de almacenar agua.

Los suelos óptimos son los de textura media (francos), fértiles, profundos y con alta capacidad de retención de humedad y que un mínimo del 10% de su volumen esté ocupado por aire.

F. Nutrientes

Las necesidades nutricionales del maíz, por unidad de producción son similares a las de otros cereales, como el trigo o la cebada. Pero debido a sus producciones, habitualmente mucho más altas, las cantidades de nutrientes demandadas por el maíz, en términos absolutos (Tabla 4), son mucho más elevadas

Tabla 4. **Extracción y exportación real de nutrientes principales por la parte aérea del maíz**

Nutrientes	kg/t de grano	
	Exportación (grano)	Extracción total
Nitrógeno (N)	15,5-19,1	24,7-30,0
Fósforo (P_2O_5)	7,0-12,3	10,2-12,3
Potasio (K_2O)	4,5-5,4	20,7-25,2

Fuente: Canadian Fertilizer Institute (1998)

2.1.7. NECESIDADES Y TÉCNICAS DE CULTIVO

A. Preparación del terreno

Tiene como objetivos, en primer lugar eliminar y/o incorporar restos del cultivo anterior y dejar el suelo desprovisto de malas hierbas en el momento de la siembra, en segundo lugar dejar la obtención de una tierra mullida en profundidad y por último dejar el lecho de siembra en un estado migajoso (no muy fino) para evitar la formación de costra superficial que genera problemas de nascencia de las plantas.

B. Siembra

- **Momento de siembra**

La oportuna elección del momento de siembra es una de los factores más importantes para lograr una buena producción de maíz. La temperatura del suelo debe ser de 10°C o superior.

- **Densidad**

Una población óptima de plantas es la comprendida entre las 85.000 y 90.000 plantas por hectárea. Dado que la nascencia suele ser de un 85% a un 90%, se estima que una dosis de unas 100.000 semillas por hectárea es lo aconsejable.

C. Abonado

Los nutrientes que son retenidos por el suelo pueden ser aportados de una sola vez con el abonado de fondo. Esto no debe hacerse con el nitrógeno, ya que es un elemento móvil. La dosis total de nitrógeno debe fraccionarse entre fondo y, al menos, una cobertera.

La recomendación general es aplicar un tercio de nitrógeno en abonado de fondo, junto a la totalidad de fósforo y potasio, y el resto en una cobertera cuando el maíz tiene una altura de unos 80 centímetros

Las necesidades de nutrientes del cultivo son las que figuran en la Tabla 5 (Beltrán Aso, 2011):

Tabla 5. **Necesidades, entradas y salidas de nutrientes.**

Necesidades (kg/ t grano)			
Concepto	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Grano	18	7	4
Parte aérea	9	3	16
Total	27	10	20

D. Riego

El maíz es un cultivo que necesita una gran cantidad de agua para su producción. Se estima que en nuestras condiciones geográficas el consumo oscila entre los 5.250 y los 8.000 metros cúbicos por hectárea.

La falta de agua en el maíz provoca el cierre de los estomas, reduciendo la fotosíntesis, lo que afecta negativamente al rendimiento en grano. No deben producirse periodos de carencia de agua durante su ciclo.

E. Tratamientos fitosanitarios

En preemergencia o postemergencia se realizan tratamientos fitosanitarios aplicando herbicidas para erradicar o evitar la aparición de flora adventicia. Más adelante, si es necesario, se aplica un tratamiento con insecticidas para evitar pérdidas por efecto de plagas.

F. Recolección

La recolección comprende el arranque de las mazorcas, la eliminación de las brácteas de estas, el desgranado y la siega o desmenuzamiento de los tallos.

El maíz puede cosecharse desde que alcanza su madurez fisiológica, que se produce cuando del 50 al 75% de las brácteas se vuelven amarillas. Sin embargo suele esperarse más tiempo porque en ese momento los granos todavía poseen un porcentaje alto de humedad. La recolección suele realizarse cuando la humedad del grano ronda los 23° en función del coste del secado, del estado del terreno y de la implantación del siguiente cultivo.

Para ser conservado en condiciones óptimas, el grano debe tener un porcentaje de humedad de 13-14%, por lo que si la recolección es con un porcentaje superior, se debe rebajar esa humedad en secaderos hasta alcanzar el porcentaje óptimo.

2.1.8. APROVECHAMIENTOS

La producción de grano es la razón principal del cultivo del maíz, pero todas las partes de la planta, hojas, tallos, panojas y zuro, son utilizados para diversos fines.

El maíz es usado en más formas distintas que cualquier otro cereal, como alimento humano, alimento para animales, fermentado para varios productos industriales y como biocombustible.

Desde el punto de vista nutricional, supera a otros cereales excepto en su contenido de proteínas. Esto le convierte en un alimento básico en muchos países sub-saharianos, México, América Central, zona del caribe, región andina y sur de Asia.

La tendencia en los países desarrollados es el uso del maíz como alimento animal, decreciendo su uso como alimento humano.

A. Uso como forraje

El maíz es el grano forrajero por excelencia, es la base fundamental de la producción de leche, de las carnes bovina, porcina y aviar (carne y huevos) y de todos los productos que se pueden elaborar sobre la base de estos.

Se utiliza como forraje en varias etapas del crecimiento de la planta, especialmente en el momento de la emisión de la panoja o más adelante. Puede ser usado, incluso, antes de la floración. El maíz con los granos en estado pastoso es el más adecuado para usar como forraje ya que contiene más materia seca y elementos digestibles por hectárea que cualquier otro cultivo, siendo también el mejor estado para la preparación de ensilado. Los restos de maíz que quedan después de la cosecha también se emplean como forraje.

B. Uso del grano como alimento de ganado y aves

El maíz proporciona la más alta conversión a carne, leche y huevos comparado con otros granos que se emplean con el mismo propósito. Su alto contenido en almidón y bajo contenido en fibra hace que sea una alta fuente de concentración de energía para la producción de ganado. El maíz amarillo es el preferido para la alimentación del ganado, y se le da bien como grano entero, roto o molido gruesamente, seco o cocido, siendo suplementado con otras fuentes de vitaminas o proteínas.

C. Uso industrial del maíz

Existe un gran número de productos alimentarios provenientes del maíz que pasan por un proceso industrial.

Los procesos de molienda húmeda y seca del grano de maíz, permiten separar sus distintos componentes: carbohidratos, proteínas y aceite. Cada uno de ellos es aprovechado para obtener diversidad de productos que se destinan al consumo directo o son empleados como insumos en otras industrias.

Los usos industriales más recientes tomando como base el maíz, es como biocombustibles, etanol. En los países desarrollados se están elaborando plásticos biodegradables a partir del maíz, más ecológicos que los derivados del petróleo. A partir de estos plásticos se están desarrollando telas de secado rápido para deportistas, ordenadores, smartphones, alfombras y envases para alimentos, entre otro tipo de productos.

2.2. EL GRANIZO

2.2.1. CONCEPTO DE GRANIZO

España es uno de los países de Europa más castigados por el granizo. Esto es debido a su geografía, con cordilleras, abundantes embalses, ríos, pantanos,..., que favorecen la formación de nubes de desarrollo vertical, causantes de las tormentas y las granizadas.

A. Formación de la tormenta

La tormenta es la consecuencia de un conjunto de fenómenos asociados a potentes nubes de desarrollo vertical, que se denominan cumulonimbos. Estos cumulonimbos son nubes alargadas que van desde cerca del suelo hasta alturas de 6 a 8 kilómetros. En estas nubes de desarrollo vertical, el agua aparece en sus tres estados: sólido (granizo o nieve), líquido (pequeñas gotas de agua o gotas de lluvia) y gaseoso (vapor de agua).

En estas nubes existen de forma simultánea corrientes ascendentes y descendentes. En las corrientes ascendentes se forman las grandes gotas de lluvia y granizo, y en las descendentes precipitan hacia el suelo las cortinas de lluvia o granizo (García Sanjuán, 1984).

En los temporales de lluvia, las nubes son de desarrollo horizontal y reparten la precipitación sobre grandes extensiones de terreno durante un tiempo amplio que puede ser de dos o tres días, mientras que en las tormentas provocadas por nubes de desarrollo vertical, cae gran cantidad de precipitación sobre muy poco terreno y además con alta intensidad. La duración de este tipo de tormentas dura como mucho una o dos horas.

Los lugares en los que hay abundante agua (embalses, pantanos, grandes regadíos) y en el que el terreno es abrupto (montañas) son propicios para la formación de potentes nubes de desarrollo vertical, que posteriormente dejan como secuela tormentas. El viento húmedo que asciende por las laderas de las montañas y ayuda a la formación de las nubes de tipo cumulonimbos. En estos sitios suelen registrarse fuertes tormentas en primavera y verano.

En las mañanas de final de primavera y verano, cuando la transpiración de los cultivos y la evaporación en ríos y pantanos es alta, debido al fuerte caldeo solar, se crean unas fuertes corrientes ascendentes de aire, provocadas por el menor peso del aire cálido y húmedo. Al ir ascendiendo se va encontrando con temperaturas cada vez más bajas, condensándose el vapor de agua y surgiendo la nube de desarrollo vertical.

B. El granizo

Se entiende por granizo a toda precipitación que alcanza el suelo en forma sólida o amorfa. El granizo es agua congelada (paso de líquido a sólido), mientras que la nieve es vapor de agua sublimado (paso de gas a sólido) formado por pequeños cristales de hielo. Los granizos son difíciles de romper o aplastar, rebotando cuando caen al suelo sin destruirse. En ocasiones, los granizos se sueldan entre si y dan lugar a grandes trozos de hielo de forma y tamaño irregulares, es lo que se denomina pedrisco.

El granizo suele presentar forma esférica o cónica y con un tamaño de dos a cinco milímetros de diámetro, el pedrisco tiene un tamaño que oscila entre los cinco y los cincuenta milímetros de diámetro.

C. Formación del granizo

Las fuertes corrientes ascendentes dentro de los potentes cumulonimbos, empujan a las grandes gotas de lluvia hacia zonas muy altas y frías de la nube. Como consecuencia de este ascenso, sobre el núcleo inicial, se van congelando diversas capas de hielo. Esto ocurre una y otra vez mientras la partícula de granizo sube y baja en el interior de la nube debido a las fuertes corrientes que le impiden caer y que le fuerzan a recorrer todo el espesor de la nube varias veces. Cuando el peso del granizo es superior al empuje de las corrientes ascendentes, descarga hacia el suelo (García Sanjuán, 1984).

D. Estructura del granizo

La estructura del granizo es de capas concéntricas alternativamente transparentes y opacas (su disposición es similar a la estructura de capas de una cebolla). Cortando el granizo y contando las capas concéntricas se puede saber los viajes de ida y vuelta (ascenso y descenso) dentro de la nube. Las envolturas de hielo blanco se forman durante el paso por zonas de la nube en las que hay pocas gotas de agua subfundida, que al adherirse sobre la superficie del núcleo se hielan bruscamente aprisionando burbujas de aire. Las capas de hielo cristalino y transparente corresponden al paso por zonas de la nube muy ricas en vapor de agua y a muy baja temperatura, provocándose una congelación inmediata. A este proceso de adquisición de tamaño del granizo se le denomina acrección.

Es necesario que el nivel de congelación (isoterma de 0°C) no se encuentre muy alto. Así cuanto más bajo esté, más tiempo permanece la piedra de granizo con una temperatura por debajo de la de congelación del agua y más grande se hará.

2.2.2. INCIDENCIA Y EVALUACIÓN DEL DAÑO POR GRANIZO

El granizo afecta al rendimiento del maíz reduciendo la población, defoliando las plantas y por la causa de golpes directos en la espiga afectando directamente al grano. La defoliación es la que causa la mayoría de las pérdidas. Reconocer el daño causado por el granizo y estimar las pérdidas probables es una herramienta valiosa en la toma de decisiones (Alesandrelli et al., 2008).

Una estimación adecuada de las pérdidas de rendimiento tras una tormenta de granizo al inicio de la campaña puede ayudar a determinar la conveniencia o no de resembrar. Una estimación de pérdida precisa debido a una tormenta tardía es importante para tomar decisiones de cosecha y venta correctas (Vorst, 1990).

A. Susceptibilidad al daño

Antes de emerger y algún tiempo después, la planta de maíz se ve poco afectada por el granizo. Cuando la planta emerge, su punto de crecimiento se encuentra todavía por debajo de la superficie del suelo, no emergiendo hasta tres semanas después (al emerger de 5 a 7 hojas). Debido a que el punto de crecimiento está por debajo del nivel del suelo y envuelto por las hojas, el granizo raramente provoca pérdida significativa de plantas o de rendimiento.

Una vez el punto de crecimiento emerge sobre la superficie del suelo, y durante las 4 ó 5 semanas posteriores, la planta se va haciendo más vulnerable al daño por granizo, hasta llegar al estado de polinización que es el periodo más crítico. Una vez superada esta fase, el granizo causa progresivamente menor pérdida de rendimiento mientras la planta se aproxima a su madurez (Vorst, 1990).

La cantidad de granos fijados es proporcional a la cantidad de radiación interceptada en los momentos críticos alrededor de la antesis. Existe una estrecha relación entre la cantidad de granos fijados y la intercepción de radiación medida quince días posteriores a la floración (Andrade, 1996)

B. Pérdidas de rendimiento por reducción de población

En tormentas de granizo en estados vegetativos tempranos, es necesaria una estimación precisa de la reducción de población de plantas si la resiembra es todavía una posibilidad. La dificultad en estos casos estriba en poder distinguir entre el tejido vivo o muerto. Las plantas jóvenes de maíz tienen una sorprendente capacidad de recuperación de daños producidos en los estados más tempranos. Para ello, la estimación de pérdida se debe retrasar entre 3 y 5

días, ya que es en ese momento cuando el rebrote de plantas vivas habrá comenzado y el tejido muerto será visible. Otra razón para retrasar la toma de decisión, es que aunque las plantas sobrevivan inicialmente a la tormenta de granizo, las heridas causadas pueden ser vías de entrada a diversos patógenos, que pueden provocar la muerte de la planta debido a infecciones que entren por los lugares dañados.

El porcentaje de pérdida de rendimiento debida a reducción de la población de plantas se estima tras comparar el potencial de rendimiento del lote con su densidad original y el potencial de rendimiento de la población reducida.

C. Pérdidas de rendimiento por defoliación

La mayoría de reducción de rendimiento en maíz debida al granizo es provocada por la pérdida de área fotosintéticamente activa. La importancia de la reducción depende de la cantidad de defoliación producida y del desarrollo del maíz al producirse la granizada (Vorst, 1990).

Al producirse la defoliación, la planta pierde su capacidad de producir materia seca, lo que ocasiona una reducción del rendimiento. La reducción de rendimiento no es directamente proporcional a la reducción de área foliar, debido al incremento de producción de materia seca en el área foliar que queda en la planta y al movimiento de materia seca de otras partes de la planta a la espiga en desarrollo (Klein y Shapiro, 2011).

Hay que tener en cuenta que el daño por defoliación normalmente parece peor de lo que en realidad es. Las hojas rasgadas que permanecen verdes y unidas a la planta, seguirán realizando la fotosíntesis. Es importante determinar de manera precisa el porcentaje de hoja muerta que ha ocasionado el granizo (Nielsen, 2011).

En la Figura 10 se puede observar el daño producido por el granizo en una plantación de maíz en un estado posterior a la floración, con la mazorca ya formada.

Para estimar las pérdidas de rendimiento provocadas por la defoliación, hay que establecer en primer lugar el estado de crecimiento de la planta en el momento de la tormenta. En segundo lugar se debe estimar el porcentaje de área foliar destruido. En tercer lugar, establecido el estado de crecimiento y la cantidad de área foliar perdida, se emplean tablas de tasación de daños (Tabla 6) para determinar la reducción de rendimiento probable por defoliación.

Tabla 6. **Porcentaje estimado de pérdida de rendimiento debido a la defoliación**

Los valores centrales indican el porcentaje de pérdida de cosecha sobre el total previsto.

Stage of Growth	—Percent Leaf Area Destroyed—																			
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
7 Leaf	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	4	5	5	6	7	8	9	9	
8 Leaf	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	
9 Leaf	0	0	0	1	1	2	2	3	4	5	6	6	7	7	9	10	11	12	13	
10 Leaf	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	9	11	13	14	15	16	
11 Leaf	0	0	1	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	
12 Leaf	0	0	1	2	3	4	5	7	9	10	11	13	15	16	18	20	23	26	28	
13 Leaf	0	1	1	2	3	4	6	8	10	11	13	15	17	19	22	25	28	31	34	
14 Leaf	0	1	2	3	4	6	8	10	13	15	17	20	22	25	28	32	36	40	44	
15 Leaf	1	1	2	3	5	7	9	12	15	17	20	23	26	30	34	38	42	46	51	
16 Leaf	1	2	3	4	6	8	11	14	18	20	23	27	31	36	40	44	49	55	61	
17 Leaf	2	3	4	5	7	9	13	17	21	24	28	32	37	43	48	53	59	65	72	
18 Leaf	2	3	5	7	9	11	15	19	24	28	33	38	44	50	56	62	69	76	84	
19–21 Leaf	3	4	6	8	11	14	18	22	27	32	38	43	51	57	64	71	79	87	96	
Tassel	3	5	7	9	13	17	21	26	31	36	42	48	55	62	68	75	83	91	100	
Silked	3	5	7	9	12	16	20	24	29	34	39	45	51	58	65	72	80	88	97	
Silks Brown	2	4	6	8	11	15	18	22	27	31	36	41	47	54	60	66	74	81	90	
Pre-Blister	2	3	5	7	10	13	16	20	24	28	32	37	43	49	54	60	66	73	81	
Blister	2	3	5	7	10	13	16	19	22	26	30	34	39	45	50	55	60	66	73	
Early Milk	2	3	4	6	8	11	14	17	20	24	28	32	36	41	45	50	55	60	66	
Milk	1	2	3	5	7	9	12	15	18	21	24	28	32	37	41	45	49	54	59	
Late Milk	1	2	3	4	6	8	10	12	15	18	21	24	28	32	35	38	42	46	50	
Soft Dough	1	1	2	2	4	6	8	10	12	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41	
Early Dent	0	0	1	1	2	3	5	7	9	11	13	15	18	21	23	25	27	29	32	
Dent	0	0	0	1	2	3	4	6	7	8	10	12	14	15	17	19	20	21	23	
Late Dent	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Nearly Mature	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	5	6	6	7	7	8	
Mature	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fuente: Nacional Crop Insurance Service's "Corn Loss Instructions" (Rev. 1984)

Figura 10. **Defoliación producida por granizo tras floración**Fuente: <http://www.diariodeleon.es>



Figura 11. **Granizo en estado vegetativo temprano**

Fuente: www.agropalsc.com (06/05/2015)



Figura 12. **Daño por granizo en maíz**

Fuente: <http://es.dreamstime.com>

2.2.3. MÉTODOS DE LUCHA ANTIGRANIZO

Desde los tiempos más antiguos, los agricultores luchan contra las tormentas de pedrisco con los medios que disponen. Los procedimientos más empleados son los siguientes.

A. Cohete antigranizo

Es uno de los procedimientos de defensa antigranizo más arraigados. Se basa en el principio de la inoculación de núcleos de yoduro de plata en las nubes a unos 3.000 metros de altitud. El yoduro de plata tiene una configuración cristalina parecida al hielo y sirve como núcleo de cristalización. Lo que se consigue con este sistema es provocar un aumento de núcleos de congelación artificiales dentro de la nube, con lo que se impide que el crecimiento de los núcleos de congelación presentes en la nube sea grande, por lo tanto, se obtiene mayor cantidad de núcleos de congelación pero de tamaño mucho menor, que al caer hacia la tierra

se convierten en líquido o en granizo blando que no daña las plantas. El empleo de este medio requiere la localización previa de la nube mediante radar.

Los cohetes llevan una carga explosiva que libera la carga de ioduro de plata. Requiere rampas de lanzamiento y se suelen colocar cada 500 metros para ser disparados protegiendo cada uno de ellos aproximadamente 1 hectárea.

Es un método de lucha eficaz siempre que la nube en la que se genera el granizo esté bien localizada y el producto sea capaz de llegar hasta el punto de máxima acumulación de gotas de condensación.

B. Cañón antigranizo

Se trata de un sistema que cada 5 ó 7 segundos produce y dispara hacia arriba ondas de iones de gran potencia. Estos alcanzan rápidamente la parte alta de la atmósfera a una altura de 15.000 metros y una temperatura de -50°C, donde se produce el origen del granizo. Una parte de estas ondas, rebotan contra las nubes y otras contra la troposfera, además de rebotar contra las nuevas ondas que están ascendiendo.

De esta forma se aumenta su velocidad y energía, con un gran potencial de iones.

Debido al constante proceso de subida y bajada de las ondas, se produce una mezcla en la nube, que da lugar a una reacción en cadena de micro explosiones, provocando que el cristal de hielo se vuelva inestable.

Al volverse inestable, no es capaz de absorber más vapor ni gotas de agua. Caen hacia abajo y atraviesan en su caída la zona perturbada por las ondas de iones y es cuando el granizo formado se rompe haciéndose añicos. Finalmente el granizo cae al suelo en forma de lluvia o nieve mojada.

Está compuesto de una cámara de explosión y de un difusor cónico, cuyo conjunto alcanza una altura de unos 6 metros. Funciona con una mezcla de gases explosivos (acetileno o butano) y aire, lo que permite una alta frecuencia de explosiones, y por lo tanto incrementa su eficacia.

No es un sistema eficaz sobre un granizo ya formado. La efectividad del sistema reside en iniciar su utilización con suficiente antelación para evitar la formación de granizo. Lo óptimo es iniciar el equipo contra el granizo entre 5 y 20 minutos antes de su caída. Este método de lucha, es por lo tanto, aconsejable si va acompañado de procedimientos de detección meteorológicos.

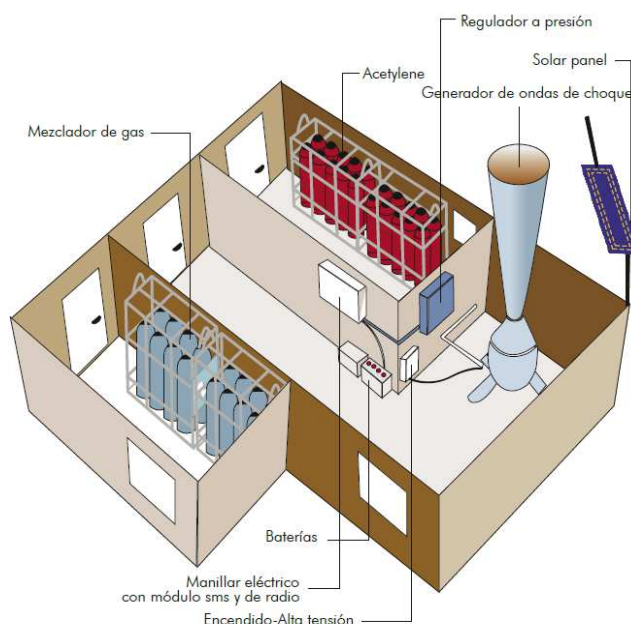


Figura 13. **Esquema de cañón antigranizo**

Fuente: <http://www.inopower.be>

C. Siembra de nubes con núcleos de yoduro de plata

El sistema se basa en provocar un aumento de núcleos de congelación artificiales. Se limita así el crecimiento del granizo, y se evita o se anula el efecto del pedrisco.

La creación de estos núcleos artificiales es a base de yoduro de plata, con configuración cristalina similar al hielo. Si existe vapor de agua en abundancia se forman grandes cantidades de cristales de hielo, que son arrastrados por las corrientes ascendentes y descendentes de los cumulonimbos. Estos cristales de hielo son los que captan las pequeñas gotas sobrefundidas, pero al haber aumentado el número de cristales, se impide que el crecimiento sea tal que adquiera el tamaño de una piedra de granizo. De esta manera, los granizos de pequeño tamaño formados, al caer sobre la tierra se convierten en líquido debido al paso por zonas de temperaturas más elevadas que en la nube como por el calor producido por su roce con el aire (Esteban Sánchez, 1975).

Los sistemas que se emplean para llevar el yoduro de plata al interior de la nube son:

- **Quemadores**

Se trata de la siembra de núcleos de yoduro de plata en las nubes, emitidos por sublimación desde el suelo.

Constan de dos tubos concéntricos entre los cuales se quema carbón vegetal hasta poner al rojo vivo el tubo interior en el que se introduce carbón impregnado en ioduro de plata. El ioduro de plata pasa de sólido a vapor y es arrastrado por las corrientes convectivas hasta el interior de la nube. Si las corrientes ascendentes son de gran velocidad es capaz de alcanzar en pocos minutos la altura de 5.000 ó 6.000 metros, donde son más precisos los núcleos de cristalización.

El vapor de ioduro de plata pasa nuevamente a sólido formando gran cantidad de cristales que atraen a las gotas de agua presentes en la nube formando numerosos granizos de pequeño tamaño.

Cada quemador puede cubrir una superficie media de 15 kilómetros cuadrados, aunque varía con las condiciones atmosféricas y la configuración del terreno.

El principio es el mismo que el que se emplea con los cohetes antigranizo, pero con la ventaja de que con los cohetes sólo afectan a un punto muy bajo y aislado del cumulonimbo y con los quemadores las partículas de ioduro de plata penetran a una mayor altura, siendo por lo tanto un sistema más efectivo. En la Figura 14 se puede observar el efecto de los quemadores (B) y de los cohetes antigranizo (A) sobre el cumulonimbo.

- **Generadores**

La base científica es la misma que la de los generadores. La diferencia se encuentra en el aparato que produce los núcleos de ioduro de plata y en la materia que los proporciona.

Para la emisión de los núcleos, se emplea una disolución de ioduro de plata en acetona. El generador produce más núcleos de congelación que un quemador, debido a la mayor velocidad de paso de sólido a vapor.

El radio de acción de un generador es de unos 50 kilómetros cuadrados.

El equipo generador de ioduro de plata, es básicamente un sistema de combustión del producto, el cual mediante un circuito de tuberías, mezcla yoduro de plata con otros agentes (acetona) y los quema en una cámara de combustión ubicada en la parte superior del equipo.

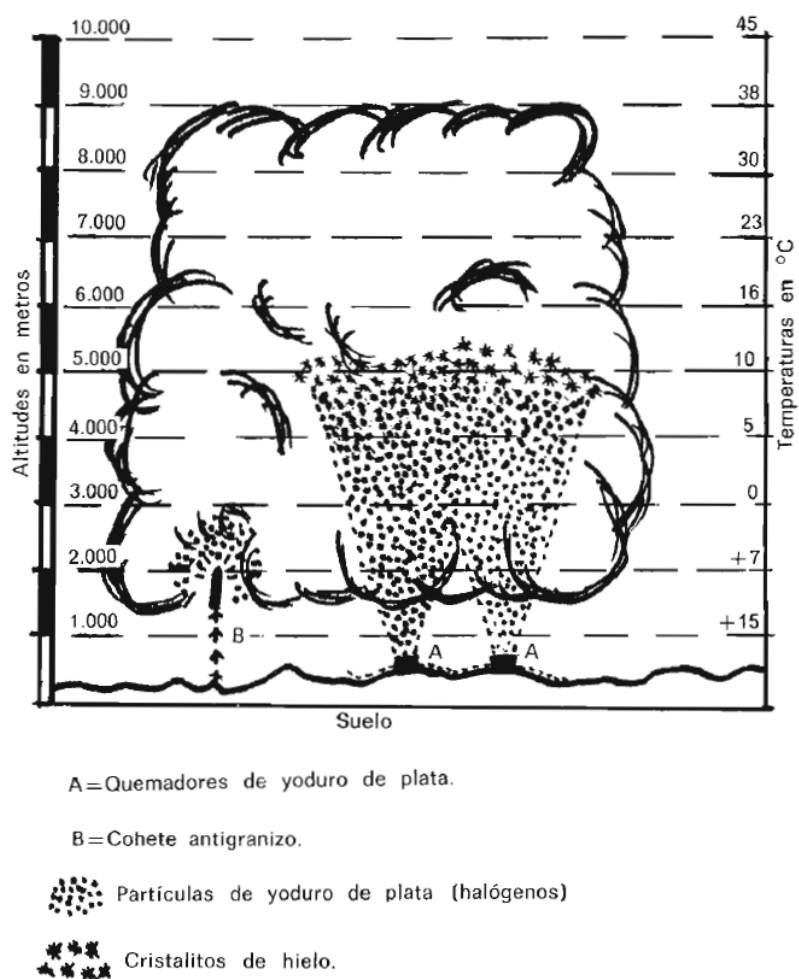


Figura 14. Comparación efecto cohete antigranizo y quemadores AgI

Fuente: Hoja Divulgadora del Ministerio de Agricultura 11.12-75 HD (Esteban Sánchez, 1975)



Figura 15. Generador de núcleos AgI

- **Aviones**

Se trata de otro sistema para llevar el ioduro de plata al interior de la nube en la que se forma granizo.

Este sistema requiere localizar con anticipación la zona generadora de pedrisco con el fin de que en un intervalo corto de tiempo, un avión pueda situar en sus alrededores una cantidad de importante de carga de ioduro de plata, que actuara en el interior de la nube como se ha explicado en los puntos anteriores.

Es un sistema que únicamente es empleado en Rusia.

D. Mallas antigranizo

Este sistema de defensa antigranizo es un método de defensa pasivo contra el granizo. Consiste en evitar el impacto directo del granizo contra la planta. Constituye el remedio más eficaz de defensa, y sólo sus dificultades de instalación, y especialmente de costes hacen que esta forma de defensa quede limitada exclusivamente a cultivos de alta rentabilidad, como pueden ser frutales, vides y plantas ornamentales. En maíz no es rentable ni práctico su uso.

El sistema se compone de una estructura metálica sobre la que se coloca una malla que puede ser de polipropileno, polietileno, poliamidas o incluso de acero, precisando unos soportes que aguanten su peso, y sobre todo el viento. Deben tener una altura suficiente para permitir las labores de cultivo.

Presentan inconvenientes con las nevadas invernales, ya que su peso puede destruir el montaje. Esto se puede evitar si se prevé un medio fácil y rápido para abrir y retirar las mallas en caso de necesidad.

Constituyen el único sistema de defensa contra el granizo reconocido por las compañías aseguradoras para poder reducir la prima de los seguros.



Figura 16. Malla antigranizo en frutales

E. El seguro agrario

Se trata de otro método de defensa pasiva. El seguro ofrece una compensación económica frente a pérdidas, aunque no evita el perjuicio en la riqueza de una zona causada por el granizo.

Estos seguros están subvencionados tanto por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente como por las Consejerías de Agricultura de las comunidades autónomas.

La peritación de los daños se hace en base a unas normas establecidas y con el apoyo de tablas de tasación, que determinan la pérdida de rendimiento del cultivo, en base a los daños peritados y el estado de crecimiento en el que se encontraba la planta en el momento del suceso.

En el presente trabajo, el objetivo es determinar las pérdidas de rendimiento que se producen en el cultivo de maíz en base a la pérdida de área foliar provocada por una granizada en función del estado de crecimiento en el que se encuentre.

2.3. SEGURO AGRARIO

2.3.1. CONCEPTO DE RIESGO

Se define riesgo (Bardají et al., 2015), como la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un suceso y sus consecuencias. Puede tener carácter negativo (pérdidas) o positivo (ganancias). Dentro de la terminología aseguradora, se emplea para expresar indistintamente dos ideas diferentes:

- riesgo como objeto asegurado
- riesgo como posible ocurrencia azarosa de un acontecimiento que produce una necesidad económica y cuya aparición real o existente se previene y garantiza en la póliza y obliga al asegurador a efectuar la prestación, normalmente indemnización que le corresponde. (Diccionario de seguros de MAPFRE: <http://www.mapfre.es/wdiccionario/general/diccionario-mapfre-seguros.shtml>)

En agricultura se pueden agrupar en 5 grandes categorías:

- Riesgos de producción: Variación de cantidad o calidad
- Riesgos de mercado: Mercado y precios
- Riesgos financieros: Situaciones desfavorables de liquidez o solvencia y capacidad de evitar la quiebra.
- Riesgos personales: accidentes, fallecimiento
- Riesgos legales y medioambientales: Cambios de legislación, relaciones deterioradas con vecinos, pleitos, conflictos contractuales.

Para enfrentarse a los riesgos a los que se enfrentan en el desarrollo de su actividad productiva, los productores pueden seguir varias estrategias. Algunas mediante modificaciones en sus métodos de gestión o técnicas productivas, como la diversificación de cultivos o el regadío. Pero también mediante la transferencia de estos riesgos, para lo cual los seguros constituyen uno de los principales instrumentos.

2.3.2. PRINCIPIOS DE LA FUNCIÓN ASEGURADORA

El seguro agrario es un medio a través del cual se satisfacen una serie de necesidades futuras originadas por la ocurrencia de un posible siniestro, donde dependiendo de la mayor o menor probabilidad de ocurrencia del suceso así variarán también las coberturas, franquicias y primas a pagar por el agricultor.

La principal función de los seguros agrarios es eliminar la incertidumbre del productor al asumir los efectos negativos como consecuencia de un siniestro. Esta se produce con la transferencia

del riesgo por parte del productor a la compañía aseguradora, a través del pago de una prima, para que en caso de producirse un siniestro, pueda mantener el nivel de rentas de la explotación a través de la indemnización percibida.

La peculiaridad de los seguros agrarios es que la transferencia del riesgo no es total, el agricultor corre con una parte del riesgo, ya que al tratarse de seres vivos, el objeto del seguro conlleva que tras la ocurrencia de un siniestro, el agricultor debe seguir implicado en el correcto manejo de los cultivos siniestrados hasta el final del ciclo, para no amplificar los daños de por sí producidos.

Otro principio de los seguros agrarios es la aplicación del principio indemnizatorio, por el que el seguro no debe procurar jamás un beneficio al asegurado ni ser una fuente de enriquecimiento que sitúe al asegurado en una mejor situación que si el siniestro no hubiese ocurrido.

Otra peculiaridad en los seguros agrarios es la cláusula de salvaguarda o regla proporcional, que establece que si el valor real de los bienes asegurados excede de la cantidad asegurada, el asegurado sufragará la parte proporcional que le corresponda de las pérdidas. Esta cláusula conduce a una aplicación del porcentaje de daño tasado sobre la menor de las dos producciones siguientes: producción real esperada o producción asegurada. Con ello se evita considerar al seguro agrario como un elemento generador de rentas, lo que desvirtuaría su sentido.

Teniendo en cuenta la cláusula de salvaguarda tendremos las siguientes tres posibilidades en un seguro:

- Infraseguro: Si la producción asegurada es inferior a la producción real esperada
- Sobreseguro: Si se asegura una cosecha muy superior a la producción real esperada
- Seguro Pleno: Cuando coinciden la producción asegurada con la producción real esperada.

2.3.3. HISTORIA DEL SEGURO AGRARIO EN ESPAÑA

El ejemplo más lejano en Europa data del año 1795 en Prusia con la creación de la *Caja de seguros contra el granizo*.

En España el primer intento data de 1917 cuando se propone poner en marcha un seguro basado en un sistema mutualista. En el año 1919 se crea la Mutualidad Nacional del Seguro Agropecuario compuesta exclusivamente con capital público. En 1930 se sustituye la Mutualidad Nacional por la Comisaría de Seguros del Campo, que en 1932 cambia de nombre

denominándose Servicio de Seguros Agrarios, donde las entidades aseguradoras privadas recuperarían su protagonismo, limitándose las administraciones públicas a actuar de reasegurador de las entidades privadas. En 1934 se modifica la protección por el estado, estableciendo que los riesgos asegurables se realizará por parte del Estado por medio de contratos de reaseguro. A finales de los años 40 se establece una Caja de compensación de los seguros de grupos ganaderos para riesgos no asegurables, y en 1953 se promulga una ley donde se fía más a la iniciativa privada la cobertura de riesgos agrícolas.

En el periodo de 1929 a 1953 el protagonismo pasa de ser del Estado a las mutuas provinciales y regionales, para posteriormente hasta la década de los setenta ser para las aseguradoras privadas sin prácticamente intervención estatal.

La actual política de seguros agrarios se inicia con la Ley 87/1978, de 29 de diciembre, de Seguros Agrarios Combinados. Hasta 1978 la Administraciones Públicas han intentado cubrir los riesgos climáticos con figuras que mostraban excesiva burocratización, poca agilidad y sobre todo un uso político de dichas actuaciones, usando fondos o créditos extraordinarios para paliar situaciones de catástrofe de forma poco rigurosa.

A partir de 1978, el interés por esta política agraria, económica y social por parte de las Administraciones Públicas ha sido creciente, celebrándose, incluso, tres conferencias internacionales en España, en los años 2002, 2006 y 2010.

2.3.4. ACTUAL SISTEMA DE SEGUROS AGRARIOS EN ESPAÑA

El actual sistema es un sistema de aseguramiento público-privado, de coberturas de los daños ocasionados a las producciones agrarias, tanto agrícolas, ganaderas como forestales.

Los elementos que lo definen son:

- Interés público con el objetivo de garantizar las rentas de las explotaciones agropecuarias, añadiendo un principio de protección a la parte más débil del contrato (asegurado) frente al asegurador, estableciéndose la posición del Estado como garante de la posición más débil.
- Intervención conjunta y coordinada de instituciones públicas y privadas.
- Adhesión voluntaria al sistema por parte tanto de agricultores como de entidades aseguradoras mediante la adhesión al pool de Agroseguro S.A.
- Necesidad de subvenciones al coste del seguro, ya que sin las mismas el sistema sería inviable. Las subvenciones públicas han tenido efecto en el impulso en el crecimiento del sistema, y por otra parte, la propia dinámica ha ido crecer el volumen de capitales asegurados más allá del crecimiento de dichas subvenciones.

- Neutralidad y tecnicidad en las peritaciones, llevadas a cabo por expertos independientes contratados profesionalmente, no laboralmente, por Agroseguro S.A. La valoración de los siniestros se realiza conforme a lo previsto en las normas oficiales, específicamente definidas para cada una de las producciones asegurables por la Administración Pública.
- El pago de indemnizaciones es realizado por Agroseguro S.A., dentro de los sesenta días siguientes a la terminación de la recolección de las cosechas, pudiendo percibir cada asegurado nada más que una sola indemnización por los siniestros ocurridos en su cultivo o explotación, de tal forma que sólo existirá una única acta final por línea de seguro donde se relacionen todas las indemnizaciones a percibir por póliza.
- Los seguros se aplican conforme a condiciones generales; complementadas con condiciones especiales para cada línea (cultivo).
- El Sistema está reasegurado por el Consorcio de Compensación de Seguros así como por otros reaseguradores públicos y/o privados.
- Principio de solidaridad: El sistema se fundamenta en la compensación de los riesgos, tanto por la adopción de un sistema de pool entre las distintas compañías aseguradoras privadas que forman parte de Agroseguro S.A., aumentando así el número de asegurados y por lo tanto lo hace también su equilibrio y el ajuste técnico de las primas ofertadas, como por la obligación del agricultor de asegurar todas las parcelas de la misma naturaleza que posea en el territorio nacional. La función aseguradora consiste en lograr una distribución del riesgo entre un gran número de asegurados, para que en el momento de la ocurrencia del siniestro ninguno de ellos quede financieramente en desequilibrio.

2.3.5. INSTITUCIONES IMPLICADAS EN EL SISTEMA ESPAÑOL

Una de las características más importantes del sistema de seguros agrarios español es la intervención conjunta de instituciones públicas y privadas.

Entre las instituciones públicas, se encuentra la Administración Central a través del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente con la **Entidad Estatal de Seguros Agrarios (ENESA)**, organismo autónomo dependiente del mismo, que tiene como funciones básicas:

- Elaborar el Plan Anual de Seguros Agrarios.
- Conceder subvenciones a agricultores y ganaderos.
- Establecer las condiciones técnicas mínimas de cultivo, rendimientos asegurables, precios a efectos del seguro y fechas límite de suscripción.
- Informar sobre las condiciones especiales y tarifas elaboradas, para cada línea de seguro, por Agroseguro SA.
- Realizar estudios necesarios sobre los daños ocasionados

- Fomentar, divulgar y asesorar en materias relacionadas con seguros agrarios.
- Realizar arbitrajes de equidad en cuestiones en que puedan surgir controversias.

La **Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones** es un organismo dependiente de la Secretaría de Estado de Economía y Apoyo a la Empresa, adscrita al Ministerio de Economía y Competitividad, cuyas principales funciones son:

- Coordinar las relaciones con las instituciones de la Unión Europea, con otros Estados y con organismos internacionales.
- Protección administrativa a los asegurados, beneficiarios, terceros perjudicados y partícipes en planes de pensiones.
- Contestación de consultas formuladas.
- Realización de estudios.
- Analizar la documentación que deben remitir las entidades aseguradoras y reaseguradoras, mediadores y entidades gestoras, para facilitar el control de su solvencia y actividad.
- Supervisar financieramente a las entidades aseguradoras y reaseguradoras.
- Seguimiento y realización de cálculos financieros en relación a los activos y pasivos de entidades aseguradoras y reaseguradoras, mediadores de seguros privados, y planes y fondos de pensiones.
- Controlar el cumplimiento de los requisitos para acceder y ampliar la actividad aseguradora y reaseguradora privada.
- Supervisar las conductas y prácticas de mercado de las personas y las entidades aseguradoras y mediadores, que operen en el mercado.

El **Consorcio de Compensación de Seguros (CCS)** es una entidad pública empresarial del Ministerio de Economía y Competitividad con personalidad jurídica propia y estatuto legal propio (RDL 7/2004, de 29 de octubre).

Tiene elaborado un programa de actuación trienal (PAT) para el periodo 2014-2016 con 5 objetivos estratégicos:

- Desarrollar el sistema de coberturas del CCS para la contribución activa al crecimiento del seguro español y su penetración.
- Desarrollar el sistema español de garantía y protección del asegurado.
- Aplicar los requerimientos del proyecto Solvencia II, en el ámbito de la gestión de riesgos.
- Incorporar plenamente criterios de responsabilidad social y sostenibilidad de la gestión empresarial.
- Mejorar la eficiencia del sector asegurador, reduciendo costes y revisando precios de sus coberturas.

Es una entidad aseguradora pública que complementa al sistema asegurador agrario nacional con el objetivo de cubrir aquellos riesgos no asumidos por las entidades aseguradoras privadas, por lo tanto, asume el respaldo financiero al sistema de seguros agrarios combinados y da cobertura a los riesgos calificados de extraordinarios para siniestros que ocurran en territorio nacional.

Por lo tanto, una persona que tiene una póliza de seguro en España, equivale a poseer dos tipos de contratos de forma simultánea:

- Un contrato con una aseguradora privada donde se cubren una serie de riesgos ordinarios.
- Un contrato con el CCS que, de forma obligatoria, le cubre los riesgos extraordinarios.

Las **Comunidades Autónomas** tienen un papel que tiene que ver con la ampliación de subvenciones y fomento del seguro agrario, y fundamentalmente colaborando con el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente en la elaboración de los planes anuales de seguros agrarios.

El **sector productor** interviene a través de las **organizaciones profesionales agrarias (OPAs)** y las cooperativas agroalimentarias, que participan de manera activa, representando a sus agricultores y ganaderos actuando como tomadores de pólizas colectivas, facilitando la concentración de la contratación de seguros en un medio disperso como es el rural, así como en el diseño y elaboración de las diferentes líneas de seguros. Otra función importante es la de la divulgación y asesoramiento de las diferentes posibilidades de aseguramiento de las explotaciones, al ser estas organizaciones las más cercanas al agricultor y ganadero.

El sector del seguro privado interviene mediante la empresa Agroseguro SA, donde se reúnen todas las entidades aseguradoras, de forma voluntaria, que deseen realizar seguros agrarios en España a través de la constitución de un cuadro de coaseguro.

Se trata de una entidad de gestión y no puede definirse en puridad como una entidad aseguradora en sí. Sus principales funciones son:

- Elaborar las condiciones del contrato de seguro y tarifas que serán de aplicación.
- Controlar y procesar las declaraciones de seguro.
- Gestionar el cobro de las primas abonadas por los tomadores.
- Gestionar ante las Administraciones Públicas, autonómicas y estatales, la subvención correspondiente a los asegurados.
- Recepcionar las declaraciones de siniestro de los asegurados y realizar los trámites de pago de siniestros por cuenta de las coaseguradoras.
- Gestionar la valoración de los daños ocasionados por los siniestros por profesionales libres y pagar las indemnizaciones correspondientes.

2.3.6. IMPLANTACIÓN Y EVOLUCIÓN DEL SEGURO AGRARIO EN ESPAÑA

Para obtener una idea del desarrollo alcanzado por el sistema de seguros agrarios se muestran seguidamente los valores alcanzados por algunos de los principales parámetros del sistema en la campaña 2013 (Bardají et al., 2015):

- Número de pólizas: 489.610
- Producción asegurada: 31.915 millones de kilogramos
- Animales asegurados: 288 millones de cabezas
- Indemnizaciones: 448 millones de euros

El número de líneas y producciones asegurables ha ido en permanente crecimiento desde la implantación del seguro hasta nuestros días. La evolución ha sido la siguiente:

- En el Plan de 1980, primero de los planes desarrollados, se incluyeron 5 líneas de seguro y se podían asegurar 12 producciones agrícolas diferentes.
- En el Plan de 1990, se alcanzaron 36 líneas de seguro y se protegían 58 producciones agrícolas y una ganadera.
- En el Plan de 2002 había 65 líneas de seguro que amparaban a la práctica totalidad de producciones agrícolas existentes, las producciones pecuarias y 5 producciones piscícolas.
- En la actualidad, cubriendo a la totalidad de producciones y prácticamente a todos los riesgos, se ha pasado, como consecuencia de la implantación del seguro creciente, a tener 27 líneas agrícolas con garantías a la producción, a la plantación y a las instalaciones, 18 líneas ganaderas con garantías básicas y adicionales, así como 5 líneas para la retirada y destrucción de animales muertos.
 - o Los riesgos asegurables para las líneas agrícolas y forestales son el pedrisco, helada, lluvia, inundación-lluvia torrencial, lluvia persistente, viento, viento huracanado, incendio, fauna silvestre, no nascencia, falta de cuajado, virosis, golpe de calor, ahuecado en sandía y resto de adversidades climáticas. Para las líneas ganaderas, los accidentes, adversidades climáticas (golpe de calor, inundaciones, sequía, rayo, lluvia torrencial, etc.), enfermedades, retirada y destrucción de cadáveres y ataque de animales salvajes.
 - o En la línea de seguro con coberturas crecientes para organizaciones de productores y cooperativas, es asegurable el perjuicio económico que representa hacer frente a los costes fijos de los bienes asegurables, cuando se produzca una merma de entrada de producción en las organizaciones o cooperativas por riesgos asegurados. Asimismo, son asegurables las instalaciones, que quedan cubiertas para la totalidad de riesgos climáticos.

La implantación media del seguro, a nivel nacional, medida como la relación entre el valor de la producción asegurada y el valor de la producción final agraria potencialmente asegurable, alcanza un porcentaje cercano al 50% para las producciones agrícolas y del 15% para las producciones pecuarias, prácticamente el 100% para la retirada y destrucción de animales muertos de menos del 1% en producciones forestales (Bardají et al, 2015).

2.3.7. NUEVAS TENDENCIAS: EL SEGURO CRECIENTE

El principio que rige actualmente el sistema de seguros agrarios es el de ayudar al que se ayuda, lo que implica que sea un sistema fuertemente subvencionado. Se constata, a lo largo de los años, una extensión de la protección de las producciones agrarias, tanto en garantías, en calidad y cantidad, para cada vez más riesgos, y asegurando no sólo las producciones sino también la madera e incluso las instalaciones.

La nueva gestión de los seguros agrarios se basa en aprovechar las nuevas tecnologías generando cauces de comunicación entre Agroseguro SA y los asegurados con procesos telemáticos más eficaces y que se concretan en el nuevo sistema de seguros crecientes. Estos tienen como objetivo reducir la complejidad que tenía el productor a la hora de la contratación agrupando las líneas de seguro en una sola línea por sector agropecuario de todas las garantías y opciones posibles. De esta forma se pasó de cerca de 100 líneas a menos de 30.

El seguro creciente surge por el gran desarrollo en los últimos decenios que desembocó en un aumento de su complejidad, dificultando la comprensión para el productor y repercutiendo negativamente en la contratación.

La fórmula de aseguramiento es similar para todas las producciones contando con tres o cuatro módulos, que suelen seguir el siguiente esquema:

- Módulo I: Se posibilita la inclusión de coberturas básicas, a precios básicos, frente a todo tipo de riesgos a nivel de explotación. El productor tendrá cobertura total para daños catastróficos a nivel de explotación. A partir de esta cobertura básica, el productor puede ir ampliando su nivel de protección contratando los siguientes módulos.
- Módulo II: Determinados riesgos se cubren a nivel de explotación y otros a nivel de parcela.
- Módulo III: Se cubren todos los riesgos a nivel de parcela.
- Módulo P: Se cubren los riesgos nominados elegibles y cobertura a nivel de parcela.

De esta forma el productor dispone de diferentes posibilidades de aseguramiento para poder ajustarse al coste que mejor se adapte a sus necesidades.

3. OBJETIVOS

Los objetivos que se persiguen con la realización del presente trabajo son:

- Analizar los efectos sobre las plantas de maíz de ciclo 400 cuando son sometidas a distintos grados de pedrisco, mediante la simulación por defoliación de este fenómeno.
- Analizar como afecta el momento y porcentaje de defoliación de cada tratamiento sobre la planta.
- Analizar los parámetros obtenidos en su recolección y como afecta a cada uno de ellos el momento de intervención.
- Comparar los datos existentes en la Tabla de Tasación de la Norma Específica de Tasación de Maíz actual, realizada en base a variedades de maíz de ciclo 600 y 700, con los obtenidos tras la realización del presente trabajo en variedad de maíz de ciclo 400.
- Obtener una nueva Tabla de Tasación de daños para variedades de maíz de ciclo corto.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. LOCALIZACIÓN

El ensayo se llevó a cabo en la parcela número 85 del polígono 3, en el municipio de Urraul Bajo, paraje Llano del Río, dentro de la población de Tabar, en las inmediaciones de Lumbier. La superficie catastral de dicha parcela es de 29.328,54 m², siendo 28.765,25 m² la superficie arable correspondiente al recinto A, lugar donde tuvo lugar el ensayo, y que se dedica al cultivo de maíz por aspersión. El recinto B de la misma parcela tiene una superficie de 563,29 m², siendo su destino el de pastos.

En la Figura 17 se muestra la cédula parcelaria.

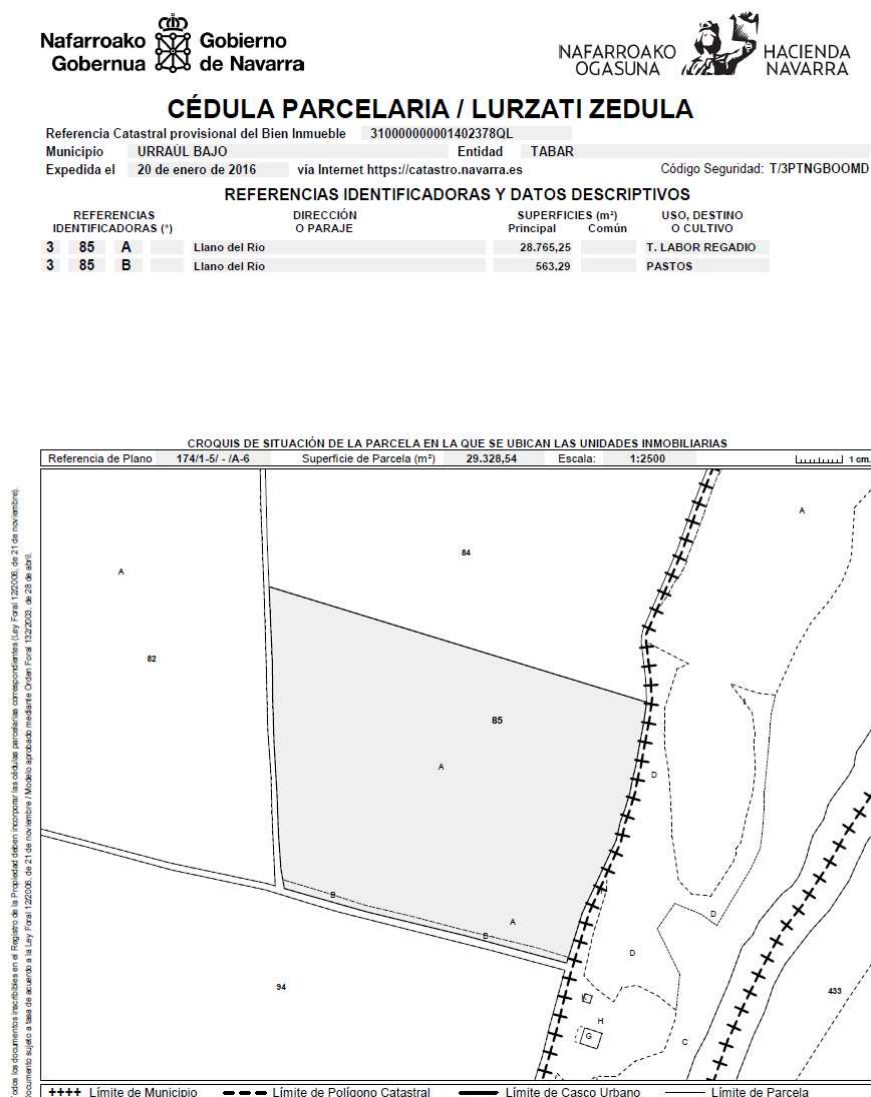


Figura 17. Cédula parcelaria localización del ensayo

Fuente: Gobierno de Navarra

4.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

En el noreste de Navarra se encuentran los Pirineos, que dan lugar a las montañas más altas de Navarra. Los Pirineos centrales, por su situación más occidental, están más abiertos a las influencias del Cantábrico. Los Pirineos orientales, por el contrario, son más elevados y se encuentran más alejados de las influencias marinas. La elevada altitud, la quebrada orografía y la pendiente son causa de un invierno largo y frío y de un verano corto. La complicada compartimentación del relieve da lugar a estancamientos, exposiciones diferentes, inversiones térmicas, vientos encajonados y turbulencias, lugares soleados y umbrosos, que, de alguna manera, modifican las masas de aire.

Entre los Pirineos y la cadena divisoria por una parte, y las sierras exteriores por otra, se encuentran tres pasillos intermedios, que son el corredor del Arakil y las Cuencas de Pamplona y Lumbier-Aoiz. Se trata de comarcas entre montañas y a cierta altura, por lo que las masas de aire estancadas en condiciones anticiclónicas, con poco viento, se calientan y se enfrían según la estación del año. Asimismo son zonas de acumulación de aire frío en invierno principalmente, pues el aire frío de las montañas desciende a las cuencas, dando lugar a inversiones térmicas con niebla en las zonas bajas y cielo despejado en las cumbres.

El corredor del Arakil y las Cuencas Intermedias están interrumpidos en su parte meridional por las sierras exteriores prepirenaicas, que forman las últimas montañas, que separan la Montaña Navarra de la Cuenca del Ebro. Se trata de un conjunto montañoso que con orientación oeste-este se extiende desde la mitad occidental a la oriental de Navarra (Cantabria-Codés, Lóquiz-Urbasa-Andía, Perdón-Aláitz-Izco y Leire). Realizan estas sierras el papel de última pantalla climática de Navarra, por lo que resulta más lluviosa la Cuenca de Pamplona que la Navarra Media.

En las Cuencas de Pamplona y de Lumbier-Aoiz se juntan los caracteres suboceánicos y submediterráneos

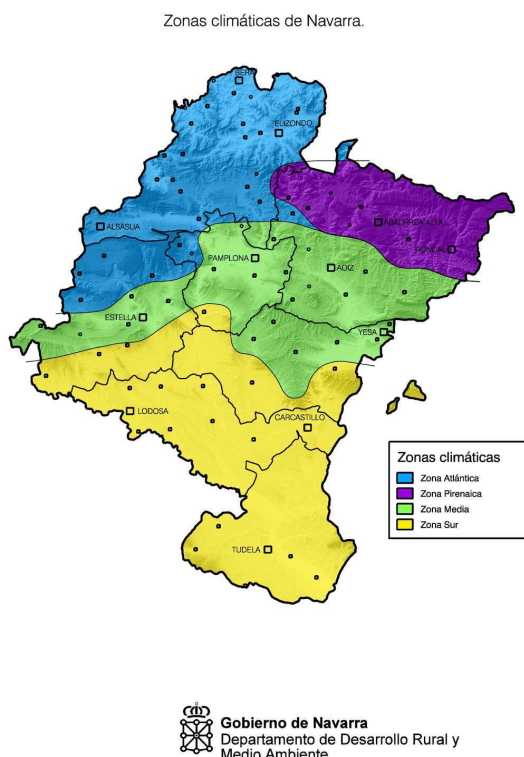


Figura 18. Zonas climáticas de Navarra

Fuente: Gobierno de Navarra

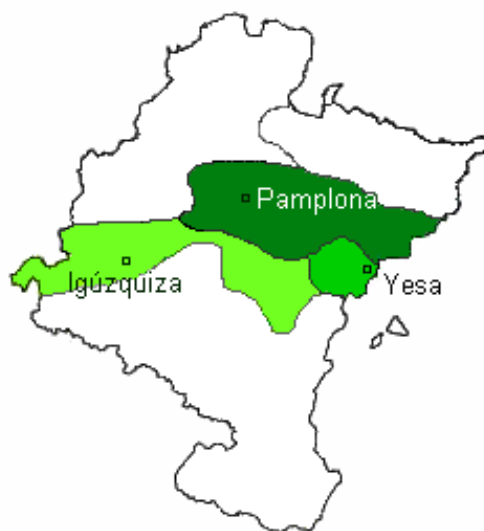


Figura 19. Zona climática. Zona Media

Fuente: Gobierno de Navarra

La localización de la parcela en la que se han realizado los ensayos, es una amplia zona en el centro de Navarra (Figura 19), que por el norte comprende las cuencas prepirenaicas de Pamplona y Aiz-Lumbier, y el tramo más bajo de los valles pirenaicos, con una altitud superior en general a los 400 m. sobre el nivel del mar, donde se suceden climas de transición entre el oceánico del norte y el mediterráneo del sur de Navarra.

En esta área se distinguen climáticamente dos zonas de norte a sur: la localización de la parcela objeto del presente ensayo se encuentra en la zona norte, que comprende el tramo bajo de los valles pirenaicos y las cuencas prepirenaicas de Pamplona y Aiz-Lumbier, excepto el extremo sur de esta última, y que tiene un clima suboceánico, marítimo de costa occidental Cf2b con dos meses relativamente secos, según Köppen

En la zona norte de clima suboceánico la vegetación dominante es el roble pubescente (*Quercus pubescens*), y en el tramo inicial de los valles pirenaicos aparece también el pino albar (*Pinus sylvestris*). En cuanto a los usos, en el norte se cultiva cereal de secano, mientras que en el sur se dan además del cereal, la viña y el olivo, principalmente en el sector occidental. En cuanto a las zonas no cultivadas aparecen pastizales de invierno con abundante matorral y

masas de pino laricio de repoblación (*Pinus nigra* subsp *laricio*), además de las pocas masas que quedan de bosque caducifolio.

Las cadenas montañosas del norte de Navarra, dispuestas en general de este a oeste, hacen de barrera para las lluvias que vienen del Cantábrico, por lo que esta zona es menos lluviosa que el Noroeste o el Pirineo, y se puede hablar de la existencia de una estación seca, que es el verano. La precipitación acumulada anual en la Zona Media varía de 1000 a 600 l/m² de norte a sur. La temperatura media anual oscila en esta zona entre los 11,5 y los 13,5°C. En cuanto a la insolación anual, se mantiene en general entre 2.100 a 2.500 horas, según zonas.

A. Climatología por estaciones:

- **Primavera (marzo, abril y mayo)**

Durante estos tres meses alternan los días templados con los fríos y cálidos, y las jornadas lluviosas con las secas. Las temperaturas medias van subiendo poco a poco hasta alcanzar en mayo valores que oscilan en general entre 13.5 y 15.5°C. Las medias de las temperaturas máximas están entre 13°C y 15°C en marzo, y alcanzan entre 19 y 21,2°C en mayo según zonas. La probabilidad de que se produzcan heladas a partir del 1 de mayo es mínima. La precipitación acumulada oscila en general entre 125 y 250 l/m². La insolación media diaria en marzo varía entre 5,7 y 6,8 horas, y en mayo entre 7,4 y 8,5 horas según zonas.

- **Verano (junio, julio y agosto)**

El clima durante estos meses es en general cálido y soleado, sobre todo en la franja meridional, influenciado por las altas presiones subtropicales (anticiclón de las Azores) que en verano se sitúan sobre estas latitudes. Suele ser una estación más bien monótona, en la que se suceden los días despejados y sin lluvias. Las temperaturas máximas medias en julio y agosto varían normalmente entre 28 y 30°C de oeste a este, y las medias están en torno a los 20°C en las zonas más frescas, superando los 22°C en el extremo suroriental. Es la estación menos lluviosa del año, con más de dos meses secos en la franja sur. La precipitación, que oscila en general entre los 90 y los 125 l/m² según zonas, muchas veces cae en forma de tormenta. La insolación media varía de 9 a 10 horas diarias según zonas.

- **Otoño (septiembre, octubre y noviembre)**

Las temperaturas bajan gradualmente conforme nos acercamos al invierno, aunque durante los dos primeros meses siguen siendo muy agradables. Septiembre sigue siendo un mes veraniego, con máximas medias entre los 24 y los 25,7°C. Octubre todavía está influenciado por el cercano verano, con temperaturas muy suaves: las medias de las máximas superan en general los 18°C, normalmente con ausencia de heladas, salvo en las zonas de más altitud. En noviembre sin embargo las temperaturas bajan sensiblemente, las máximas medias generalmente no ascienden de los 13°C y pueden producirse nuevamente heladas nocturnas.

El otoño es una estación lluviosa, a menudo la más lluviosa del año. La precipitación acumulada media varía normalmente de 150 a 275 l/m² según zonas. La insolación media diaria supera las 7 horas en septiembre, y se reduce a unas 3,9 horas en noviembre.

- **Invierno (diciembre, enero y febrero)**

Los inviernos son más fríos en el norte, conforme nos acercamos al Pirineo, con medias de 4°C en enero. En el sur de esta zona los inviernos son moderados: las medias del mes de enero superan en general los 5°C y la nieve es rara. La precipitación acumulada oscila en conjunto entre 125 y 300 l/m², y la insolación media diaria varía entre 3,6 y 4,4 horas según zonas.

Los datos climáticos se han obtenido de los registrados en la estación meteorológica más cercana a la parcela, que es la estación automática de Lumbier (X: 641305 Y: 4725091) situada a una altitud de 484m. La estación es propiedad del Gobierno de Navarra-INTIA, y fue instalada el 10 de agosto del año 2.000. Se reflejan en la Tabla 7

Tabla 7 Datos climáticos estación meteorológica de Lumbier

Datos desde 01/05/2012 hasta el 31/12/2012

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tª máxima absoluta (°C)	31.8	36.8	35.8	39.5	31.6	29.2	18.4	18.1
Tª mínima absoluta (°C)	1.4	4.7	6.5	8.8	5.1	-1.4	-1.6	-5.4
Tª máxima media (°C)	22.72	27.63	28.49	31.13	25.09	19.82	13.69	10.49
Tª mínima media (°C)	7.90	10.92	11.82	14.48	11.43	8.21	4.31	1.70
Tª media (°C)	15.42	19.37	20.13	21.38	18.13	13.40	8.71	5.97
Precipitación (mm)	19.7	7.1	0.4	22.5	25.2	144.8	28.8	37.4

Fuente: Gobierno de Navarra, 2015. Elaboración propia

B. Resumen climatológico del año 2012

- **Primavera**

La primavera se ha caracterizado por ser una estación ligeramente cálida y húmeda.

Las precipitaciones recibidas durante la primavera se situaron por encima de la media en la mayor parte del territorio, gracias sobre todo a las abundantes lluvias que se registraron en el mes de abril.

El análisis de frecuencias de la precipitación caracteriza la primavera como normal a muy húmeda en prácticamente todo el territorio de la Comunidad Foral.

Referente al aspecto termométrico las temperaturas se han situado muy próximas a la media, aunque en general la superan.

El análisis de frecuencias de las temperaturas caracteriza la primavera como cálida o muy cálida.

- **Verano**

El verano ha sido una estación muy cálida y seca.

Durante esta estación las precipitaciones se han situado por debajo de la media en toda Navarra, siendo la comarca de Pirineos y el noreste de la Navarra Media las que menos han sufrido la carencia de precipitaciones.

El análisis de frecuencia de la precipitación permite caracterizar el verano como seco o muy seco en la comarca pirenaica y el noreste de la Navarra Media.

Las temperaturas se han situado por encima de la media en todo el territorio, siendo en la mitad norte de Navarra, en la que la diferencia con respecto a la media no supera 1°C.

Durante el mes de Agosto se sucedieron dos olas de calor que permitieron que se superasen los valores máximos tanto de temperaturas máximas como mínimas.

El análisis de frecuencias de las temperaturas caracteriza el verano como muy cálido.

Un dato relevante es la escasa precipitación ocurrida en el mes de julio. Ésta tuvo lugar en un único día (27 de julio), y se dio la circunstancia de que parte de la precipitación fue en forma de pedrisco.

- **Otoño**

El otoño comenzó con un mes de septiembre en el que las precipitaciones fueron escasas y en forma de tormentas, lo que ocasionó una distribución muy irregular. Le siguió un mes de octubre muy húmedo con precipitaciones intensas entre los días 18-21, especialmente en los valles de Roncal y Salazar donde ocasionaron inundaciones. En este mes se superó la máxima precipitación recogida en un mes en los observatorios de Aibar y Javier y la máxima precipitación registrada en 24 horas en Javier y Urzainqui. Por su parte, noviembre fue un mes normal en cuanto a pluviometría se refiere.

En lo tocante a temperaturas el carácter dominante fue el normal.

- **Invierno**

Las precipitaciones se situaron por encima de la media en todo el territorio. En la mitad norte con carácter general la pluviometría se situó entre el doble y el triple de los valores medios.

Analizando la precipitación acumulada en el invierno los caracteres presentados fueron principalmente el extremadamente húmedo y el muy húmedo.

Las temperaturas fueron muy próximas a los valores medios, pero por debajo de estos.

4.3. MATERIAL VEGETAL

Se emplearon semillas de maíz de ciclo 400 de la variedad Pioneer P0222.

La densidad de plantación se estableció en 22 plantas por m², dentro de un marco de plantación de 0,75m x 0,15m.

A la hora de elegir el híbrido idóneo, se debe tener en cuenta a partir de que momento pueden incidir las heladas otoñales y por otro lado hay que contemplar que la elección de un híbrido de ciclo corto no es conveniente ya que, en general, tienen menor capacidad productiva. En la zona en la que se realizó el ensayo, viene siendo práctica habitual, teniendo en cuenta los factores citados, el empleo de híbridos de ciclo 400 de cara a huir de las posibles heladas de

otoño, y sobre todo pensando obtener un secado natural que abarate, o incluso elimine, el secado artificial.

En las regiones más calurosas, se obtienen mejores resultados con híbridos de ciclos más largos, puesto que su rendimiento es mayor y el riesgo de heladas en los meses de otoño es bajo.

La clasificación de los híbridos de maíz en función de la precocidad de los mismos, se acordó en una reunión internacional organizada por la FAO y que tuvo lugar en Zurich en febrero de 1952. En ella se acordó clasificar los híbridos de maíz en 10 grupos en función de los días necesarios desde la nascencia hasta alcanzar la madurez fisiológica. Los grupos figuran en la Tabla 8.

Tabla 8 Clasificación de los híbridos de maíz según su precocidad

Ciclo	Denominación	Días desde nascencia a madurez fisiológica
100	Ultraprecoces	<80
200	Muy precoces	80-90
300	Precoces	90-100
400	Semiprecoces	100-105
500	Semiprecoces	105-110
600	Ciclo medio	120-125
700	Semitardíos	125-130
800	Tardíos	130-140
900	Muy tardíos	140-150
1000	Ultratardíos	>155

Fuente: Guerrero, 1992.

El tiempo comprendido entre la aparición de los pistilos y la madurez es poco variable, y se suele situar entre los cincuenta y cinco y setenta y cinco días, en función de las condiciones climáticas y el tipo de híbrido a emplear.

4.4. LABORES

- **Abonado de fondo:** El maíz realiza unas exportaciones de nutrientes, medidas en kg/t grano, de 15-19 de Nitrógeno (N), 7-12 de Fósforo (P_2O_5) y 4,5-5,5 de Potasio (P_2O). El abonado de fondo en la parcela objeto del ensayo se realizó en el mes de septiembre a razón de 25.000 kg/ha de estiércol de ovino.
- **Preparación del suelo:** El cultivo precedente fue maíz, por lo que con el laboreo se incorporaron los restos del cultivo anterior y se dejó el suelo desprovisto de malas hierbas para el momento de la siembra, por otra parte se persiguió la obtención de una tierra mullida en profundidad, pero sin que quedase hueca, dejándola bien asentada sin apelmazar, con capacidad de captación de agua pero sin encharcamientos y por último se dejó el lecho de siembra en un estado migajoso (no muy fino) para evitar la formación de costra superficial que genera problemas de nascencia de las plantas.
- **Siembra:** La siembra se realizó el 20 de mayo con una dosis de 90.000 semillas por hectárea, en un marco de plantación de 0.75 x 0.15 metros.
- **Tratamientos herbicidas:** Con el objetivo de erradicar o evitar la aparición de flora adventicia, se aportaron en post-siembra a finales de mayo y en pre-emergencia a principios de junio. Las aportaciones en ambos casos fueron de Harness GTZ (acetoclor) a 4,5 litros por hectárea.
- **Abonado de cobertera:** En el estado de 2 hojas, se aportó Urea en una dosis de 100 unidades por hectárea, y en el estado de 8 hojas un segundo abonado de cobertera, también con Urea a razón de 200 unidades por hectárea.
- **Riego:** El maíz es un cultivo que necesita una gran cantidad de agua para su producción. Se estima que en nuestras condiciones geográficas el consumo oscila entre los 5.250 y los 8.000 metros cúbicos por hectárea. En la campaña 2012, las indicaciones de INTIA fueron un 10% inferiores, entre 4.600 y 7.000 m³/ha.
- **Recolección:** La recolección de las plantas objeto del ensayo, se realizó de forma manual, el 26 de diciembre, recogiendo en sacos separados 20 mazorcas de cada uno de los 4 daños ejercidos sobre las mismas (testigo 0%, 33%, 66% y 100%), y para cada uno de los momentos en los que simuló el pedrisco.
Tras la recolección, se etiquetó cada uno de los sacos y se almacenaron en una cámara frigorífica en las instalaciones que la Universidad Pública de Navarra posee en el campo de prácticas, durante el periodo necesario para el análisis de los parámetros a estudiar de la cosecha obtenida.

4.5. DISEÑO Y METODOLOGÍA DEL ENSAYO

Para estimar las pérdidas de rendimiento provocadas por la defoliación, hay que establecer en primer lugar el estado de crecimiento de la planta en el momento de la tormenta. En segundo lugar se debe estimar el porcentaje de área foliar destruido.

El diseño del ensayo se realizó en parcelas subdivididas (*split-plot*), siendo el tratamiento principal el momento de intervención y el secundario el nivel de defoliación aplicado. Cada uno de los ensayos se repitió en cuatro ocasiones, siendo también cuatro los niveles de defoliación para cada momento.

El tratamiento principal, momento de intervención, se establecieron en siete momentos fenológicos, los cuales se muestran en la Tabla 9.

El tratamiento secundario fue el nivel de defoliación. El método de simulación de daño por pedrisco empleado en este ensayo, ha sido la defoliación de las plantas con tijeras de podar. Se establecieron cuatro niveles de defoliación: un testigo (0% de defoliación), y otros tres niveles con un 33% de defoliación, 66% de defoliación y 100% de defoliación.

Tabla 9 Momentos fenológicos de las intervenciones

Momento de Intervención		Momento Fenológico
Momento	Fecha	Descripción
1	05/06/2012	3-4 hojas
2	20/06/2012	6-7 hojas
3	28/06/2012	8-9 hojas
4	05/07/2012	11-12 hojas
5	17/07/2012	13 hojas
6	31/07/2012	Floración
7	23/09/2012	Madurez lácteo-cerosa

En los momentos de intervención 1, 2 y 3, el número de hojas presentes en la planta se corresponden con el número de hojas descrito. Sin embargo, cabe destacar que a partir del momento 4, el número de hojas presentes en las plantas de maíz es inferior al emitido. Esto es debido a que las hojas más cercanas al suelo tienden a secarse y desprenderse de la planta.

La Tabla 10, muestra un esquema de la distribución inicial en campo de cada uno de los momentos de intervención, sus repeticiones y los porcentajes de defoliación en cada una de las subparcelas. Hay que destacar que cada uno de los ensayos se compuso de 22 plantas, y que al inicio de cada uno se dispuso de una estaquilla que lo identificaba. En total, el ensayo tenía 2.464 plantas.

Tabla 10 Esquema distribución inicial

I	I	I	I	II	II	II	II	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV
M7	M7	M7	M7	M7	M7	M7	M7	M7	M7	M7	M7	M7	M7	M7	M7
T	33	66	100	T	33	66	100	T	33	66	100	T	33	66	100
I	I	I	I	II	II	II	II	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV
M5	M5	M5	M5	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M6	M6	M6	M6
T	33	66	100	T	33	66	100	T	33	66	100	T	33	66	100
I	I	I	I	II	II	II	II	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV
M1	M1	M1	M1	M4	M4	M4	M4	M6	M6	M6	M6	M3	M3	M3	M3
T	33	66	100	T	33	66	100	T	33	66	100	T	33	66	100
I	I	I	I	II	II	II	II	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV
M6	M6	M6	M6	M2	M2	M2	M2	M2	M2	M2	M2	M4	M4	M4	M4
T	33	66	100	T	33	66	100	T	33	66	100	T	33	66	100
I	I	I	I	II	II	II	II	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV
M2	M2	M2	M2	M6	M6	M6	M6	M5	M5	M5	M5	M5	M5	M5	M5
T	33	66	100	T	33	66	100	T	33	66	100	T	33	66	100
I	I	I	I	II	II	II	II	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV
M4	M4	M4	M4	M1	M1	M1	M1	M4	M4	M4	M4	M2	M2	M2	M2
T	33	66	100	T	33	66	100	T	33	66	100	T	33	66	100
I	I	I	I	II	II	II	II	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV
M3	M3	M3	M3	M5	M5	M5	M5	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1
T	33	66	100	T	33	66	100	T	33	66	100	T	33	66	100

El número romano indica la repetición de que se trata.

El siguiente código indica el Momento de Intervención (M1 a M7), en función de la Tabla 9.

Por último el Nivel de Defoliación simulado (T; 33%; 66%; 100%).

En el momento de intervención M4, se observó como las repeticiones II y III, presentaban un crecimiento anómalo debido a una defectuosa aplicación de herbicida, probablemente por un exceso de dosis provocado por una regulación errónea de los dosificadores. Se tomaron dos medidas para que el ensayo no se viera comprometido, por un lado los ensayos de los momentos M4, M5, M6 y M7 de las repeticiones II y III, se trasladaron a continuación de las repeticiones I y IV (Tabla 11), donde se había constatado que el problema de la aplicación de herbicida no se había producido. La segunda medida fue analizar el estado de las plantas de los momentos M1, M2 y M3 de las repeticiones II y III. La mayoría de los ensayos no habían sufrido daño a excepción de los ensayos II-M3-T, III-M2-100 y III-M1-100, por lo que se decidió realizar un seguimiento de los momentos afectados durante la duración de toda la experimentación.

Tabla 11 Esquema distribución final

II M7 T 33 66 100	II M7 T 33 66 100	II M7 T 33 66 100	II M7 T 33 66 100	El número romano indica la repetición de que se trata.				III M7 T 33 66 100	III M7 T 33 66 100	III M7 T 33 66 100	III M7 T 33 66 100
II M4 T 33 66 100	II M4 T 33 66 100	II M4 T 33 66 100	II M4 T 33 66 100	El siguiente código, indica el Momento de Intervención (M1 a M7), en función de la Tabla 9.				III M6 T 33 66 100	III M6 T 33 66 100	III M6 T 33 66 100	III M6 T 33 66 100
II M6 T 33 66 100	II M6 T 33 66 100	II M6 T 33 66 100	II M6 T 33 66 100	Por último, el Nivel de Defoliación simulado (T; 33%; 66%; 100%).				III M5 T 33 66 100	III M5 T 33 66 100	III M5 T 33 66 100	III M5 T 33 66 100
II M5 T 33 66 100	II M5 T 33 66 100	II M5 T 33 66 100	II M5 T 33 66 100					III M4 T 33 66 100	III M4 T 33 66 100	III M4 T 33 66 100	III M4 T 33 66 100
I M7 T 33 66 100	I M7 T 33 66 100	I M7 T 33 66 100	I M7 T 33 66 100					IV M7 T 33 66 100	IV M7 T 33 66 100	IV M7 T 33 66 100	IV M7 T 33 66 100
I M5 T 33 66 100	I M5 T 33 66 100	I M5 T 33 66 100	I M5 T 33 66 100	II M3 T 33 66 100	II M3 T 33 66 100	III M3 T 33 66 100	III M3 T 33 66 100	IV M6 T 33 66 100	IV M6 T 33 66 100	IV M6 T 33 66 100	IV M6 T 33 66 100
I M1 T 33 66 100	I M1 T 33 66 100	I M1 T 33 66 100	I M1 T 33 66 100					IV M3 T 33 66 100	IV M3 T 33 66 100	IV M3 T 33 66 100	IV M3 T 33 66 100
I M6 T 33 66 100	I M6 T 33 66 100	I M6 T 33 66 100	I M6 T 33 66 100	II M2 T 33 66 100	II M2 T 33 66 100	III M2 T 33 66 100	III M2 T 33 66 100	IV M4 T 33 66 100	IV M4 T 33 66 100	IV M4 T 33 66 100	IV M4 T 33 66 100
I M2 T 33 66 100	I M2 T 33 66 100	I M2 T 33 66 100	I M2 T 33 66 100					IV M5 T 33 66 100	IV M5 T 33 66 100	IV M5 T 33 66 100	IV M5 T 33 66 100
I M4 T 33 66 100	I M4 T 33 66 100	I M4 T 33 66 100	I M4 T 33 66 100	II M1 T 33 66 100	II M1 T 33 66 100			IV M2 T 33 66 100	IV M2 T 33 66 100	IV M2 T 33 66 100	IV M2 T 33 66 100
I M3 T 33 66 100	I M3 T 33 66 100	I M3 T 33 66 100	I M3 T 33 66 100			III M1 T 33 66 100	III M1 T 33 66 100	IV M1 T 33 66 100	IV M1 T 33 66 100	IV M1 T 33 66 100	IV M1 T 33 66 100

El día 27 de julio de 2012, coincidiendo con el momento de prefloración del maíz del ensayo tuvo lugar un episodio de pedrisco. Al verse afectados todos los tratamientos por igual, y por lo tanto no disponer de un testigo no afectado por el pedrisco, y siendo el maíz objeto del ensayo viable hasta el final del ciclo, se continuó con el ensayo.

4.6. ANÁLISIS POST-COSECHA

Como se ha indicado anteriormente, la recolección tuvo lugar el 26 de diciembre de forma manual. Se recolectaron por separado entre 20 y 22 mazorcas de cada una de las parcelas en las que se subdividió el ensayo. Estas mazorcas recolectadas se introdujeron en sacos etiquetados convenientemente con la repetición, momento y nivel de defoliación realizado. Posteriormente se almacenaron en una cámara frigorífica en las instalaciones de la Universidad Pública de Navarra, de donde se iban sacando para medir los parámetros necesarios para el estudio de la producción obtenida.

Los parámetros medidos fueron el peso, el diámetro, la longitud y el número de líneas de cada una de las mazorcas recolectadas.

Para la determinación de estos parámetros se precisó de balanza, calibre y regla.

Una vez obtenidos los datos, las mazorcas se vuelven a introducir en los mismos sacos de donde provenían con el objetivo de poder reproducir las mediciones realizadas.

Con los datos obtenidos, se hacen categorías de peso de mazorcas con intervalos de peso de 20 en 20 gramos, se seleccionan dos mazorcas de cada categoría y se desgranar por separado.

Se obtiene de cada mazorca el peso total, peso del zuro y peso de los granos por separado. Con estos datos se calcula la relación entre el peso del grano y peso del zuro respecto al total de la mazorca para cada una. Se determina la media de las dos mazorcas de cada categoría y se aplica a los pesos de las mazorcas de su grupo. Aplicados estos ratios a cada uno de los grupos, se obtiene el peso final del grano de todas las mazorcas.

Las semillas de una de las mazorcas elegidas se cuentan en el equipo de conteo de semillas, obteniendo de esta manera el peso de 1.000 semillas.

Con los datos finales de peso total de la mazorca, peso del grano, longitud, diámetro de la mazorca, número de filas y peso de 1.000 semillas, se realizan sus ANOVAS, y con el peso del grano se calculan las pérdidas de producción y se obtienen regresiones.

4.7. DETERMINACIONES ESTADÍSTICAS

Mediante el ensayo se busca el efecto que sobre una variable cuantitativa de interés, llamada variable respuesta, tiene un conjunto de una u otras variables cualitativas llamadas factores. El objetivo es contrastar si los factores influyen sobre la variable respuesta. A cada una de las categorías del factor se le llama tratamiento. En el trabajo que se ha llevado a cabo, la variable respuesta es cada uno de los parámetros medidos en la recolección (longitud de la mazorca, producción y diámetro de la mazorca). El factor defoliación, se dividió en dos tratamientos: el primero, que se corresponde con los momentos de intervención en el que se realizaron las defoliaciones (siete niveles: M1, M2, M3, M4, M5, M6 y M7), y el secundario, que fueron los niveles de defoliación (testigo, 33, 66 y 100%).

Al estudiar, mediante el análisis de la varianza, el comportamiento de los niveles de un factor fijo, no se persigue como única finalidad del análisis saber si globalmente los niveles del factor son significativamente distintos entre sí, sino que interesa además poder detectar qué niveles producen un efecto superior al de otros. Para ello se utilizan contrastes múltiples de medias. El utilizado en el presente trabajo es el Test de Student-Newman-Keuls (SNK).

Las parcelas principales (momentos de defoliación) estaban formadas por 4 subparcelas, correspondientes a cada nivel de defoliación.

A partir de los datos de producción de cada una de las subparcelas se obtuvo el porcentaje de reducción de cosecha, comparando la producción de cada una de las subparcelas con la de las subparcelas testigo (0 % defoliación) mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ Reducción} = \frac{\text{Prod. subparcela Testigo} - \text{Prod. subparcela Daño}}{\text{Prod. subparcela Testigo}} \times 100$$

Sabiendo los porcentajes de reducción de producción y los porcentajes de defoliación aplicados en cada uno de los momentos de intervención, se obtuvieron ecuaciones de regresión lineal.

Con estas ecuaciones de regresión, se representan gráficamente las curvas de reducción de producción en función del momento fenológico de las plantas (en el eje de abscisas), el porcentaje de reducción de la producción (en el eje de ordenadas) con daños del 20%, 40%, 60%, 80% y 100%.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. CONTROLES A LO LARGO DEL CICLO

Los controles a lo largo del ciclo se realizaron de manera visual en los momentos en los que se ejercieron los tratamientos de defoliación en las plantas. Estos momentos quedan definidos en Tabla 9. En base a los citados controles, y tras detectar un crecimiento anómalo de determinadas subparcelas, en el momento de intervención M4, se tomó la decisión de trasladar a continuación de las repeticiones I y IV, los ensayos de los momentos M4, M5, M6 y M7 de las repeticiones II y III, con el fin de no ver comprometido el ensayo, tal y como se refleja en la Tabla 11.

El 27 de julio de 2012, días antes del momento de intervención M6, momento de prefloración del maíz, el ensayo se vio afectado por un episodio de pedrisco. Se tomaron muestras foliares de las plantas para determinar la pérdida foliar producida (Figura 17). A la vista de que la pérdida foliar se produjo por igual en todos los tratamientos y no disponer de un testigo no afectado por el pedrisco, se continua con el ensayo una vez verificado que las plantas objeto del ensayo son viables hasta el final del ciclo.



Figura 20. Muestras foliares afectadas por pedrisco de 27/07/12

5.2. CONTROLES AL FINAL DEL CICLO

Como se ha definido en el apartado material y métodos, los parámetros analizados en las mazorcas recolectadas han sido la longitud, el diámetro y la producción en grano obtenida. En las siguientes tablas se presentan los resultados medios obtenidos. Se trata de tablas de doble entrada. En las filas se recoge el tipo de tratamiento (defoliación) y en las columnas se refleja el momento de intervención.

5.2.1. LONGITUD DE MAZORCA

En la Tabla 12, puede observarse, que hasta el momento de intervención 5 no existe una diferencia significativa en la longitud de la mazorca respecto al tratamiento efectuado. Es en los momentos 5 y 6, momentos previos y de floración respectivamente, cuando la intensidad de la defoliación afecta a la longitud de la mazorca, principalmente en el tratamiento en el que la defoliación es del 100%. Se da la circunstancia de que tanto en los momentos 6 y 7, la longitud media de las mazorcas sometidas a un tratamiento leve (33%), es mayor que la de las mazorcas testigo.

En cuanto a los momentos de intervención, cabe señalar que en los tratamientos testigo (0% defoliación), leve (33%) y medio (66%), no se aprecia una diferencia significativa en la longitud de la mazorca a lo largo de todo el ciclo. Si embargo en el tratamiento de intensidad alta (100% de defoliación), a partir del momento 2, se puede constatar una reducción del tamaño de la mazorca con respecto al momento 1, que se ve acentuado en el momento de intervención 5 y de manera más acusada en el momento de la floración (momento 6). En el momento 7, la defoliación del 100%, afecta en igual intensidad que en los momentos 2, 3 y 4.

Tabla 12 **Longitud media de las mazorcas para cada una de las combinaciones de tratamiento de defoliación y momentos de intervención**

		Longitud (mm)						
Tratamiento		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
TESTIGO	0%	164,4 a A*	166,9 a A	149,3 a A	156,5 a A	159,9 a A	144,6 a A	153 a A
LEVE	33%	165,7 a A	161,1 a A	161,3 a A	161,7 a A	153,7 ab A	167,6 a A	156 a A
MEDIO	66%	165,7 a A	174,7 a A	164,5 a A	152,4 a A	144,9 ab A	142,6 a A	143,5 a A
ALTO	100%	165,5 a A	160,1 a AB	161,3 a AB	153,0 a AB	128,0 b BC	122,6 b C	161,0 a AB

(*) Valores seguidos de diferente letra, minúscula en columnas y mayúscula en filas, difieren estadísticamente ($P < 0,05$) según el test de comparaciones múltiples S-N-K.

5.2.2. DIÁMETRO DE MAZORCA

Al igual que ocurre con la longitud de la mazorca, es en los momentos 5 y 6, momentos anteriores y durante la floración, cuando se producen diferencias significativas en el diámetro de la mazorca en función del tratamiento efectuado (Tabla 13). Así, en el tratamiento de defoliación del 100%, puede observarse una reducción del diámetro con respecto al resto de tratamientos. Indicar también que el resto de tratamientos de defoliación, tanto del 33% como del 66%, obtienen unos resultados similares a los del tratamiento testigo, llegando incluso a incrementarse el diámetro para el tratamiento leve en el momento 6.

Tomando como referencia los tratamientos efectuados, se constata una reducción en el diámetro de la mazorca a partir del momento 2, con respecto al momento 1 de intervención en todos los tratamientos de defoliación. Esta reducción en el diámetro se hace más importante en los momentos 5, 6 y 7 en el tratamiento de defoliación alto (100%), donde se produce una reducción significativa, principalmente, de nuevo, en el momento de floración (momento 6). En el tratamiento medio (66% de defoliación), la reducción más importante se da en el momento 7, momento en el que la planta está en una madurez lácteo-cerosa. Por otra parte, el tratamiento de defoliación más leve (33%) afecta al diámetro de la mazorca, reduciendo el diámetro de manera significativa en los momentos 5 y 7.

Tabla 13 **Diámetro medio de las mazorcas para cada una de las combinaciones de tratamiento de defoliación y momentos de intervención**

		Diámetro (mm)						
Tratamiento		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
TESTIGO	0%	49,4 a A*	47,1 a A	47,5 a A	49,3 a A	48,5 a A	46,2 ab AB	46,4 a A
LEVE	33%	50,5 a A	48,3 a AB	47,9 a AB	48,7 a AB	47,2 a B	47,8 ab AB	46,0 a B
MEDIO	66%	49,5 a A	48,3 a AB	48,2 a AB	47,1 a AB	46,5 a AB	45,4 ab AB	42,9 a B
ALTO	100%	49,2 a A	47,8 a AB	47,3 a AB	47,2 a AB	42,5 b BC	41,0 b C	42,7 a BC

(*) Valores seguidos de diferente letra, minúscula en columnas y mayúscula en filas, difieren estadísticamente ($P < 0,05$) según el test de comparaciones múltiples S-N-K.

5.2.3. PRODUCCIÓN DE GRANO

En la Tabla 14 figura la producción media obtenida para cada una de las combinaciones de tratamientos y momentos de aplicación.

No se observan diferencias significativas entre los tratamientos realizados para los momentos 1 a 4. En el momento 5 la diferencia de producción obtenida en el tratamiento con una defoliación total es significativa con respecto al resto de tratamientos en ese mismo momento, que no presentan variaciones entre sí. Pero es en el momento de la floración de la planta (momento 6) cuando se presenta una reducción importante de producción para el tratamiento de defoliación del 66%, y muy acusada para las plantas con un nivel de defoliación del 100%. Como indica la Tabla 14, se produce una reducción de producción cercana a los 9.000 kg/ha con respecto al tratamiento testigo.

En el momento 7, también se produce reducción de la producción obtenida en todos los tratamientos de defoliación, siendo más acusada en los tratamientos medio y alto.

En cuanto al tratamiento de defoliación efectuado, no se aprecian diferencias significativas en el tratamiento leve (33%) a lo largo de los siete momentos analizados. En aquellos en los que la defoliación ha sido del 66%, a partir del momento de intervención 4, con un estado de la

planta de 11-12 hojas, la reducción de producción es significativa respecto a los momentos anteriores, siendo esta reducción de producción más acusada en los momentos 6 y 7.

Algo similar ocurre en el tratamiento con defoliación del 100%, un descenso de la producción significativo a partir del momento 4, siendo esta reducción más acusada en el momento 5, llegando a niveles de pérdida de producción muy importantes en el momento 6, siendo de más de 8.000 kg/ha con respecto al mismo nivel de defoliación en el momento 1 de intervención. En el momento 7 también se produce una reducción importante, pero de menor nivel que en los momentos 5 y 6.

Tabla 14 **Producción media para cada una de las combinaciones de tratamiento de defoliación y momentos de intervención**

		Producción (kg/ha)						
Tratamiento		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
TESTIGO	0%	10.656,1 a A*	10.133,4 a A	10.300,7 a A	10.450,17 a A	10.190,5 a A	10.466,0 a A	10.186,2 a A
LEVE	33%	11.315,7 a A	10.489,7 a A	10.492,0 a A	10.320,7 a A	9.010,1 a A	9.527,1 a A	8.206,2 ab A
MEDIO	66%	11.708,3 a A	10.629,5 a A	10.295,2 a A	9.409,2 a AB	8.210,9 a AB	6.246,8 b B	6.542,4 b B
ALTO	100%	10.095,6 a A	9.934,5 a A	8.881,9 a A	8.882,9 a AB	4.819,4 b B	1.564,7 c C	5.926,4 b AB

(*) Valores seguidos de diferente letra, minúscula en columnas y mayúscula en filas, difieren estadísticamente ($P < 0,05$) según el test de comparaciones múltiples S-N-K.

5.2.4. ANÁLISIS GENERAL DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS

Para los parámetros analizados, principalmente el de producción, el momento 6 (floración) se muestra como el momento más sensible a tratamientos de defoliación, seguido por el momento fenológico 5 (estado de 13 hojas). Se observa como la defoliación total efectuada en floración hace que las pérdidas en producción se concentren en este punto crítico.

Para todos los parámetros, la intensidad de la defoliación realizada tiene una menor influencia en el caso de defoliaciones leves del 33%, llegando a darse el caso de un incremento de los parámetros de longitud y diámetro de la mazorca con respecto a las plantas testigos en los momentos cercanos a la floración o incluso en la misma floración. Con intensidades de defoliación medias, del 66%, el efecto es algo más significativo en los parámetros de longitud y diámetro, siendo más destacadas las diferencias en la producción obtenida.

En los momentos de intervención 1 y 2, cuando la planta está con menos de 7 hojas, se ve poco afectada por el granizo. El punto de crecimiento se encuentra todavía por debajo de la superficie del suelo. Debido a esto, el granizo raramente provoca pérdida significativa de plantas o de rendimiento.

Cuando el punto de crecimiento emerge sobre la superficie del suelo, y durante las 4 ó 5 semanas posteriores, la planta se va haciendo más vulnerable al daño por granizo, hasta llegar al estado de polinización que es el periodo más crítico. Una vez superado este momento fonológico, el granizo causa progresivamente menor pérdida de rendimiento mientras la planta se aproxima a su madurez.

Esto es debido a que la cantidad de granos que se fijan es proporcional a la cantidad de radiación interceptada en los momentos críticos alrededor de la antesis. Existe una estrecha relación entre la cantidad de granos fijados y la intercepción de radiación medida quince días posteriores a la floración (Andrade, 1996). Dado que esta intercepción de radiación se produce en las hojas, la pérdida de superficie foliar, ocasiona una reducción del rendimiento de la planta, ya que la planta pierde su capacidad de producir materia seca.

5.3. CURVAS DE REDUCCIÓN DE PRODUCCIÓN COMERCIAL

Las ecuaciones de regresión obtenidas para la reducción de cosecha en función del porcentaje de defoliación se pueden observar en la Tabla 15. En estas ecuaciones, la x se sustituirá por valores de porcentaje de defoliación y la variable y da el porcentaje de reducción de la producción comercial para cada momento fenológico.

Tabla 15 **Ecuaciones de regresión lineal obtenidas para la reducción de producción de maíz en la parcela objeto del ensayo (x= % de defoliación; y= % reducción producción)**

Momento fenológico	Ecuación	R ²	Sig.
M1	$y = -0,021x$	0,006	ns
M2	$y = -0,012x$	0,005	ns
M3	$y = 0,084x$	0,107	ns
M4	$y = 0,145x$	0,201	*
M5	$y = 0,430x$	0,644	***
M6	$y = 0,746x$	0,932	***
M7	$y = 0,461x$	0,844	***

ns: no significativo; (*): $P < 0,05$; (***): $P < 0,001$

R² representa el grado de ajuste de la ecuación y el nivel de significación (Sig.) viene determinado con asteriscos.

A partir de las ecuaciones de regresión obtenidas, se han calculado valores de reducción de producción para las intensidades de defoliación de 20%, 40%, 60%, 80% y 100%, sustituyendo estos valores de defoliación por la incógnita x de las ecuaciones, se han obtenido los valores que aparecen en la Tabla 16. A partir de los valores obtenidos se ha elaborado la Figura 21. En dicha figura se representan los 7 momentos fenológicos analizados en el eje de abscisas y el porcentaje de reducción de producción en el eje de ordenadas.

Tabla 16 **Porcentaje de reducción de producción estimada según la intensidad de defoliación de las plantas (x= % de defoliación; y= % reducción producción).**

Momento	Ecuación	Intensidad de defoliación				
		20%	40%	60%	80%	100%
M1	y = -0,021x	-0,42	-0,84	-1,26	-1,68	-2,10
M2	y = -0,012x	-0,24	-0,48	-0,72	-0,96	-1,20
M3	y = 0,084x	1,68	3,36	5,04	6,72	8,40
M4	y = 0,145x	2,90	5,80	8,70	11,60	14,50
M5	y = 0,430x	8,60	17,20	25,80	34,40	43,00
M6	y = 0,746x	14,92	29,84	44,76	59,68	74,60
M7	y = 0,461x	9,22	18,44	27,66	36,88	46,10

Puede observarse como el momento fenológico correspondiente con la floración (M6) es el más sensible a la defoliación, y por lo tanto, en el que la reducción de producción es más notable. Como era de esperar mayores porcentajes de defoliación en ese momento provocan mayores reducciones, alcanzándose mermas de producción cercanas al 75% en el caso de pérdida total de área foliar en floración.

La influencia del momento fenológico de la planta en el que tiene lugar un suceso de defoliación, como en este caso es un pedrisco, queda patente en la comparación de los porcentajes de reducción de producción (Tabla 16).

Puede observarse como una menor reducción de área foliar (60%) en el momento de floración (M6), provoca una pérdida de producción del 44,76%, superior a la que se produce en el momento M5, quince días antes de la floración, donde con una pérdida foliar del 100%, el porcentaje de reducción de producción es del 43,00%.

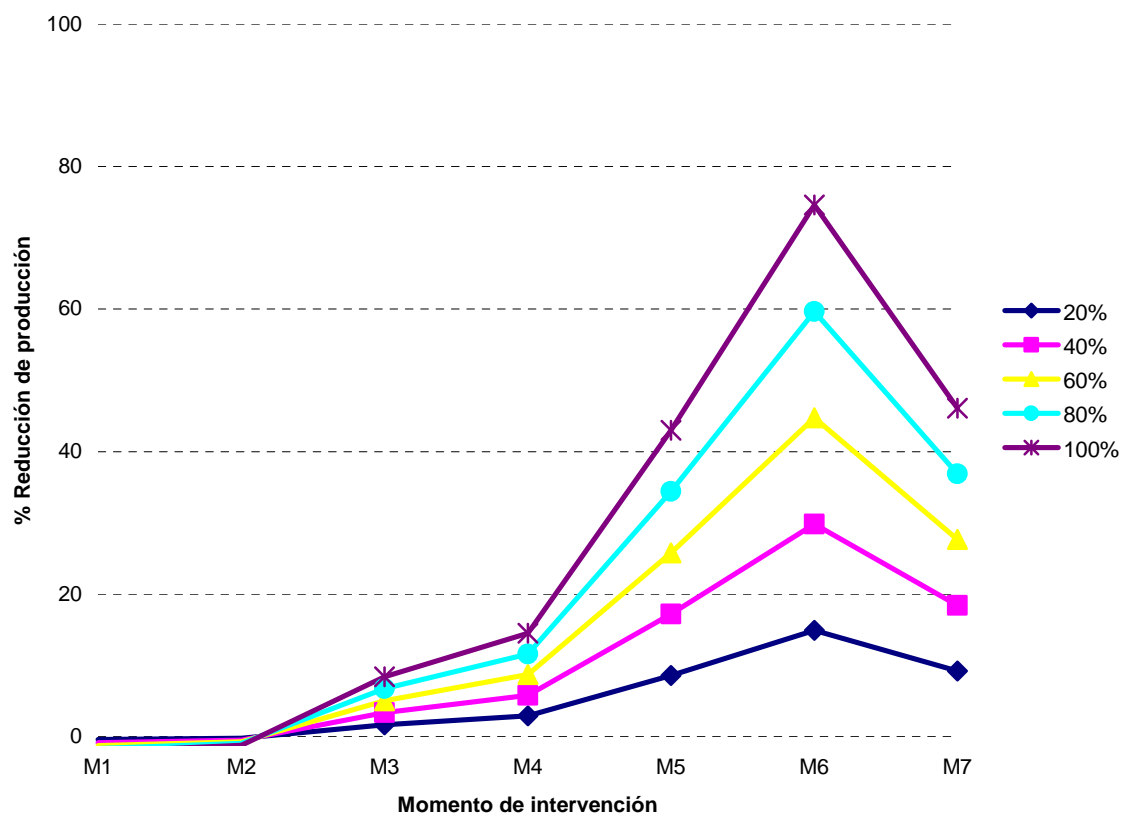


Figura 21. Curvas de reducción de la producción comercial para el cultivo de maíz con daños del 20%, 40%, 60%, 80% y 100% en diferentes momentos fenológicos

Las defoliaciones en los momentos de intervención M1, M2 y M3 no presentan diferencias significativas entre sí. La planta está en una fase temprana de su crecimiento vegetativo, estando su punto de crecimiento todavía por debajo de la superficie del suelo. Como curiosidad, destacar que incluso en los momentos M1 y M2, la defoliación sufrida por la planta en vez de producir pérdidas de producción, estimula de manera muy leve la producción final. Esto puede observarse en la Figura 21, donde las curvas están por debajo de pérdidas de 0%, y en la Tabla 15 donde las reducciones de producción para M1 y M2 son negativas.

Como resumen, indicar que defoliaciones en los momentos M1, M2 y M3 no producen pérdidas significativas de producción y que ya en M4 comienza un punto de inflexión a partir del cual, la destrucción de área foliar afecta de manera notable el rendimiento hasta llegar al punto álgido en el momento de la floración. A partir de ahí, las pérdidas foliares posteriores producen menores pérdidas, como puede observarse en el momento M7, donde las pérdidas son ligeramente superiores a las producidas en M5.

5.4. AJUSTES DE LA TABLA DE TASACION DE LA NORMA ESPECÍFICA

El objetivo de estos ensayos es cotejar los resultados de los mismos, realizados con maíz de ciclo 400, con los de la Norma Específica de Tasación del Maíz utilizados actualmente por los técnicos de AGROSEGURO.

La Tabla de la Norma Específica recoge básicamente los resultados de ensayos de simulación de daños realizados en su día por el Dr. D. Julio Muro Erreguerena. Estos ensayos (14 en total) fueron realizados con variedades de maíz de los ciclos 600 y 700 y, según técnicos y agricultores pudiera existir de un cierto desajuste de los datos de la Norma Específica cuando se aplican a variedades de ciclos más cortos.

Para comparar los datos de ensayos y Norma, en la Tabla 17 se muestran en paralelo los datos de reducción de las producciones arrojados por la Tabla de la Norma y los valores obtenidos en el presente ensayo, para los momentos fenológicos en los que se realizaron las intervenciones.

Tabla 17 **Ajuste de las tablas de tasación de maíz. En negro, valores de la Tabla de la Norma y en rojo los, valores obtenidos en el presente ensayo con maíz de ciclo 400.**

Estadio	Porcentaje de superficie foliar perdida									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0-4 hojas	0	0	0	1	2	3	4	6	8	10
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 hojas	0	0	0	2	3	4	6	8	11	13
6 hojas	0	0	1	2	4	6	8	11	14	17
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 hojas	0	0	1	3	5	7	10	13	17	21
8 hojas	0	0	2	4	6	9	12	15	20	25
	1	2	3	3	4	5	6	7	8	8
9 hojas	0	1	3	5	7	11	15	19	24	30
10 hojas	0	2	4	7	10	14	19	25	31	38
11 hojas	1	2	5	8	12	18	24	31	39	48
	1	3	4	6	7	9	10	12	13	15
12 hojas	1	3	6	10	15	21	29	37	46	56
13 hojas	1	4	8	12	18	25	34	43	54	65
	4	9	13	17	22	26	30	34	39	43
14 hojas	2	5	9	14	20	28	37	47	58	70
15 hojas	2	7	11	16	23	31	40	51	62	74
16 hojas	3	9	12	18	25	34	43	54	65	78
Floración	4	13	16	23	31	41	50	62	73	86
	7	15	22	30	37	45	52	60	67	75
Post-floración	4	11	13	19	27	32	40	50	57	66
Láctea	4	11	13	18	25	30	37	44	50	58
Láctea-cerosa	4	11	12	17	22	26	30	35	40	44
	5	9	14	18	23	28	32	37	41	46
Cerosa	4	9	12	15	18	21	24	26	28	30
Cerosa-harinosa	4	9	11	14	16	18	20	22	22	23
Harinosa	3	6	8	11	13	17	17	18	18	18
Harinosa-vítrea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vítrea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En la Tabla 18, se muestran, también en paralelo, los datos de reducción de las producciones y los valores obtenidos en el conjunto de los ensayos realizados años anteriores con variedades de ciclo 400, para los momentos fenológicos en los que se realizaron las intervenciones.

Tabla 18 **Ajuste de las tablas de tasación de maíz. En negro, valores de la Tabla de la Norma y en rojo los, valores obtenidos en el conjunto de ensayos con maíz de ciclo 400.**

Estadio	Porcentaje de superficie foliar perdida									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0-4 hojas	0	0	0	1	2	3	4	6	8	10
	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9
5 hojas	0	0	0	2	3	4	6	8	11	13
6 hojas	0	0	1	2	4	6	8	11	14	17
	1	1	2	3	3	4	4	5	6	6
7 hojas	0	0	1	3	5	7	10	13	17	21
8 hojas	0	0	2	4	6	9	12	15	20	25
	4	8	12	16	19	23	27	31	35	39
9 hojas	0	1	3	5	7	11	15	19	24	30
10 hojas	0	2	4	7	10	14	19	25	31	38
11 hojas	1	2	5	8	12	18	24	31	39	48
12 hojas	1	3	6	10	15	21	29	37	46	56
13 hojas	1	4	8	12	18	25	34	43	54	65
14 hojas	2	5	9	14	20	28	37	47	58	70
15 hojas	2	7	11	16	23	31	40	51	62	74
16 hojas	3	9	12	18	25	34	43	54	65	78
Floración	4	13	16	23	31	41	50	62	73	86
	8	16	25	33	41	49	57	66	74	82
Post-floración	4	11	13	19	27	32	40	50	57	66
Láctea	4	11	13	18	25	30	37	44	50	58
Láctea-cerosa	4	11	12	17	22	26	30	35	40	44
	5	10	14	19	24	29	34	38	43	48
Cerosa	4	9	12	15	18	21	24	26	28	30
Cerosa-harinosa	4	9	11	14	16	18	20	22	22	23
Harinosa	3	6	8	11	13	17	17	18	18	18
Harinosa-vítrea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vítrea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A la vista de los resultados comparados en las Tabla 17 y Tabla 18 anteriores se puede deducir lo siguiente:

- La reducción de producción comercial va aumentando a lo largo de los momentos fenológicos de la planta. En los primeros momentos la pérdida de producción es bastante leve, hasta llegar al estado de 8 hojas donde comienza a reducirse la producción obtenida, llegando a máximos en el momento de floración, al igual que sucede con variedades FAO 600 y 700. A partir de este momento de floración, la reducción de la producción debida a la superficie foliar perdida va disminuyendo según la planta va avanzando hacia estadios de maduración de grano.

Analizando la Tabla 18, con datos del conjunto de ensayos realizados para la determinación de la reducción de producción provocada por la pérdida de área foliar de la planta, se puede determinar:

- Que en los dos primeros momentos en los que se ha realizado la defoliación, estado de 3-4 hojas y estado 6-7 hojas, las diferencias entre los datos de la tabla de la norma y la de los ensayos son poco relevantes.
- Que a partir del momento fenológico de la planta con 8-9 hojas, comienzan a distinguirse diferencias notables entre ambas series de datos siendo la variedad de ciclo 400 más sensible a defoliaciones. A partir de defoliaciones del 30% estas diferencias son del orden del 10-15% entre ambas series.
- Que en el estado de floración también se establecen diferencias notables siendo la variedad 400 más sensible. Estas diferencias no son tan altas como en el caso de 8-9 hojas. Las mayores diferencias se dan con defoliaciones del 30% al 70%, con diferencias que rondan los 10 puntos porcentuales entre ensayos y la Tabla de la Norma. En las defoliaciones altas (80-100%) las diferencias tienden a igualarse.
- Que en los estadios de maduración del grano la sensibilidad a defoliaciones son muy parecidas.

Cabía esperar que los datos arrojados por el presente ensayo y que quedan reflejados en la Tabla 17, fuesen similares a los obtenidos en la Tabla 18, ya que la metodología de los ensayos ha sido la misma, las variedades de maíz eran todas de ciclo FAO 400 y la zona en la que se ha ejecutado, así como las labores realizadas al cultivo son similares.

La única diferencia entre ensayos y que justifica la menor reducción de producción obtenida en este, fue el episodio de granizo ocurrido el 27 de julio, días antes a la floración del cultivo. Hay que tener en cuenta que como se ha podido observar tanto en los datos medios de producción, como en las curvas de reducción de producción comercial así como en la tabla de la norma, es el momento de floración el que más afecta a la reducción de la producción.

Debido a este episodio, que afectó por igual al maíz con los distintos tratamientos de defoliación como a las subparcelas con maíz testigo, y teniendo en cuenta la incidencia en la producción que tiene el momento en que se produjo, podemos determinar que no sólo influyó a las subparcelas defoliadas, sino también a las testigo, provocando una disminución de la producción en todas, que comparándolas con la producción obtenida en plantas testigo, reducida por efecto del granizo, hacen que las pérdidas de producción de las subparcelas defoliadas tenga un efecto menor que las observadas en anteriores ensayos.

En la Tabla 19, pueden verse las diferencias de producción obtenidas en los ensayos anteriores, donde las plantas testigo no se vieron afectadas por granizo y el presente ensayo donde sí que se vieron afectadas.

Tabla 19 **Producciones (t/ha) de testigos de ensayos previos y en el presente ensayo**

	3-4 hojas	6-7 hojas	8-9 hojas	Floración	Madurez cerosa
Ensayos previos	11.614,80	11.477,10	12.412,00	11.418,20	13.936,00
Ensayo actual	10.656,10	10.133,40	10.300,70	10.466,00	10.186,20
Diferencias (%)	8,25%	11,71%	17,01%	8,34%	26,91%

6. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos en el presente ensayo, se observa la repercusión que las distintas intensidades de defoliación y el momento en el que se aplicaron, tienen sobre la producción final tanto en el rendimiento en grano como en las dimensiones de la mazorca (longitud y diámetro).

- Defoliaciones aplicadas en los momentos fenológicos 1 y 2 (hasta 7 hojas) apenas causan una reducción de la producción.
- Defoliaciones aplicadas en el momento 3 (hasta 9 hojas) causan pequeñas pérdidas de producción, entre un 2% y un 8% en función de la intensidad de defoliación.
- A partir del momento 4, con 11 hojas, las defoliaciones comienzan a causar una reducción significativa de la producción, llegando a pérdidas en torno al 15%.
- En el momento 5, con 13 hojas, en prefloración, las defoliaciones generan mayor reducción en el rendimiento final que en los momentos precedentes, llegando casi hasta una reducción de la mitad de la producción esperada, con intensidades de defoliación altas.
- El momento 6, momento de floración, es el momento más sensible a las defoliaciones, alcanzándose pérdidas máximas del 75% para defoliaciones del 100%.
- A partir de floración las reducciones de producción van disminuyendo según va madurando el grano.
- La longitud de las mazorcas recolectadas se ve reducida en los momentos 5 y 6 (prefloración y floración respectivamente), para intensidades de defoliación media (66%) y alta (100%). La reducción supone la obtención de

mazorcas unos 25 a 40 milímetros más cortas que las obtenidas para las mismas intensidades de defoliación realizadas en distintos momentos fenológicos del cultivo.

- En los momentos 5, 6 y 7 se reduce el diámetro de la mazorca con respecto a las obtenidas para la misma aplicación de defoliación en momentos precedentes. La mayor reducción se produce para intensidades de defoliación alta (100%), en el que se observan reducciones de 5 y 6 milímetros.
- Con los datos obtenidos en los ensayos con maíz de ciclo 400, se ha elaborado una nueva tabla de tasación específica para este ciclo, que se ha incorporado a la Norma Específica de Tasación de maíz, aplicable a todos los cultivos asegurados a nivel nacional.

7. BIBLIOGRAFIA

- ABENDROTH, L.J.; ELMORE, R.W.; BOYER, M.J.; MARLAY, S.K. 2011. Corn Growth and Development. **PMR 1009**. Iowa State University Extension, Ames, Iowa
- ALESANDRELLI, G.; Balsa, C.; MORO, L.; DOYEN, P.; GONZALEZ, A.; PAPUCCI, S.; CRUCIANI, M.; PEDROL, H. 2008. Incidencia del daño foliar por granizo sobre el rendimiento del cultivo de Maíz (*Zea mays* L.) Agromensajes de la Facultad. **26**.
- ANDRADE, F.; CIRILO, A.; UHART, S. y OTEGUI, M. 1996. Ecofisiología del Cultivo de Maíz. Editorial La Barrosa. Buenos Aires
- BANTLE, A.; CABRERA, S.N.; CARRILLO, D.; MARTINELLI, E. 2011. Incidencia del daño foliar por granizo sobre el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Agromensajes. **32**.
- BARDAJÍ, I.; ESCRIBANO, S.; GARRIDO, A. 2015. Principios básicos de Seguros Agrarios. Cátedra Cajamar-UPM, Economía y Politécnica Agraria, Madrid.
- BELTRÁN ASO, J. 2011. Abonado de los cereales de primavera: maíz. En: Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid
- BOZAL, J.M.; SANTOS, A.; CALVILLO, S.; DELGADO, J.; MALUMBRES, A.; TORRECILLA, J. 2015. Nuevas variedades de maíz. Campaña 2014. Navarra Agraria **209**: 6-15
- BRANDOLINI, A. 1970. Origine, differenziazione e diffusione del mais, Enciclopedia agraria, vol. VII, Bolonia
- CEDAF (Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc). 1998. Cultivo de maíz. Guía Técnica nº **33**. Serie Cultivos. (1º ed.). Ed. CEDAF. Republica Dominicana.
- DRMYAL (Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local del Gobierno de Navarra). 2015. Negociado de Estadística Agraria y Estudios Agrarios.
- DOWSWELL, C.D.; PALIWAL, R.L.; CANTRELL, R.P. 1996. Maize in the third world. Westview Press. USA.

- ESTEBAN SANCHEZ, A. 1975. Lucha Antigranizo. Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura. **11.12-75 HD**. Publicaciones de Extensión Agraria. Madrid.
- ENESA (Entidad Estatal de Seguros Agrarios). 2014. Informe Contratación del Seguro Agrario Nº6.
- ESPAÑA. 2004. Real Decreto Legislativo 7/2004, de 29 de octubre, por la que se aprueba el texto refundido del Estatuto Legal del Consorcio de Compensación de Seguros. Boletín Oficial del Estado, 5 de noviembre de 2004, **267**, pp. 36653-36661.
- FAO (Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y Alimentación). 2014. FAOSTAT. Dirección De Estadística.
- FAO (Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y Alimentación). 2015. FAOSTAT. Dirección De Estadística.
- GALINAT, W.C. 1988. The origin of corn. In G.F Sprague and J.W. Dudley, Eds. Corn and corn improvement. Agronomy Monographs No. **18**; pp. 1-31. American Society of Agronomy: Madison, Wisconsin.
- GARCIA SANJUAN, J. 1984. Pedriscos y granizadas. Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura. **20-76 HD**. Publicaciones de Extensión Agraria. Madrid.
- GUERRERO, A. 1992. Cultivos herbáceos extensivos. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- INOPOWER. Sistema antigranizo. [On-Line]. Available at http://inopower.be/Content/Docs/hagelkanon_es.pdf?36c010 [URL accessed June 2015].
- KLEIN, R.N; SHAPIRO, C.A. 2011. Evaluating Hail Damage to Corn. University of Nebraska Lincoln Extension Publications. **EC126**.
- LEÓN, D. 2011. Diario de León. Noticias de León - Diario de León. [online] Diariodeleon.es. Available at: http://www.diariodeleon.es/noticias/provincia/otra-granizada-golpea-paramo_633082.html Diario de León 18/09/2011 [Accessed 23 Sep 2015].
- LÓPEZ, H; DE LA CRUZ, F; 2012. Mapas agroclimáticos para el cultivo de maíz grano en España. Boletín GENVE (Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de

Cultivos Extensivos en España). **3.**

- MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente). 2012. Estadísticas agrarias.
- MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente). 2013. Estadísticas agrarias.
- MAPFRE. 2008. (Diccionario de seguros de MAPFRE. [en línea] [fecha de consulta: octubre 2015]. Disponible en: <http://www.mapfre.es/wdiccionario/general/diccionario-mapfre-seguros.shtml>
- NIELSEN, R.L. (Bob). 2011. Recovery From Hail Damage to Young Corn. Corny News Network, Purdue Univ. [On-Line]. Available at <http://www.kingcorn.org/news/timeless/HailDamageYoungCorn.html> [URL accessed June 2012].
- PALIWAL, R.L.; GRANADOS, G.; LAFITTE, H.R.; VIOLIC A.D. 2001. El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. FAO. Roma.
- RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G. 1986. How a Corn Plant Develops. Iowa State University of Science and Technology CES Special Report **48**.
- VORST, J.V. 1990. Assessing hail damage to corn. National Corn Handbook **NCH-1**: 4 pp.
- WILKES, H.G. 1979. Mexico and Central America as a centre for the origin of agriculture and the evolution of maize. Crop Improv., **6**: 1-18.
- WILKES, H.G. 1985. Teosinte: the closest relative of maize revisited. Maydica, **XXX**: 209-223.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2015. National Agricultural Statistics Service.